



**TUGAS AKHIR - TE1599**

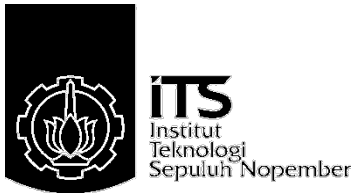
**PEMANFAATAN SEMEN KONDUKTIF SEBAGAI MEDIA  
PEMBUMIHAN ELEKTRODA BATANG**

Bimo Prajanuarto  
NRP 2210100032

Dosen Pembimbing  
Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc.  
Ir. R. Wahyudi.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014





FINAL PROJECT - TE 141599

***UTILIZATION OF CONDUCTIVE CEMENT AS  
GROUNDING MEDIA ON ROD ELECTRODE***

Bimo Prajanuarto  
NRP 2210100032

Advisor  
Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc.  
Ir. R. Wahyudi

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015

**PEMANFAATAN SEMEN KONDUKTIF SEBAGAI MEDIA  
PEMBUMIAN ELEKTRODA BATANG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

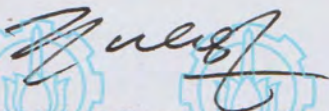
**Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

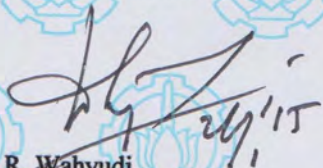
**Menyetujui:**

**Dosen Pembimbing I,**

**Dosen Pembimbing II,**



**Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc.**  
**NIP. 1970071219980211001**



**Ir. R. Wahyudi**  
**NIP. 195102021976031003**



**SURABAYA  
JANUARI, 2015**

## **PEMANFAATAN SEMEN KONDUKTIF SEBAGAI MEDIA PEMBUMIAN ELEKTRODA BATANG**

**Nama : Bimo Prajanuarto**  
**Pembimbing I : Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc.**  
**Pembimbing II : Ir. R. Wahyudi**

### **ABSTRAK**

Pada studi ini dilakukan metode pembumian dengan elektroda batang serta kombinasi peletakan semen konduktif untuk mengetahui penurunan resistansi pembumian sebelum dan setelah pemberian semen konduktif disekitar elektroda batang. Pada studi ini hasil pengujian secara langsung yang telah diperoleh akan dibandingkan dengan perhitungan matematik yang dilakukan. Studi ini dilakukan agar pembumian dapat dilakukan pada tanah yang tidak dapat digali dengan kedalaman yang cukup sehingga pemberian semen konduktif ini memungkinkan untuk dilakukannya pembumian yang baik.

**KataKunci: Metode Pembumian, Resistansi Pembumian, Jenis – jenis Elektroda, Semen Konduktif.**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**UTILIZATION OF CONDUCTIVE CEMENT AS GROUNDING  
MEDIA ON ROD ELECTRODE**

**Name** : Bimo Prajanuarto  
**1<sup>st</sup> Advisor** : Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc.  
**2<sup>nd</sup> Advisor** : Ir. R. Wahyudi

**ABSTRACT**

*In this study was conducted a grounding method with an electrode stems as well as a combination of the laying of cement conductive to know the decline in the Earth resistance before and after the provision of cement electrodes conductive around a stem. In the present study the results of testing directly that which has accrued will be compared with mathematical calculation is performed. The study is done to make earth resistance may be conducted in a land that is can be developed with a considerable depth so that the provision of this cement conductive possible to undertake good earth resistance .*

**Key Words:** *Grounding Method, Grounding Resistance, types of electrodes, Cement conductive.*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, dan sahabat serta kita semua selaku umatnya. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir **“Pemanfaatan Semen Konduktif Sebagai Media Pembumian Elektroda Batang”** ini tepat waktu.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan pendidikan sarjana pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pelaksanaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Eng.I Made Yulistya Negara.ST.,M.Sc. dan Bapak Ir. R. Wahyudi, atas segala pengetahuannya dan waktunya dalam membimbing penulis sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Kedua Orang tua penulis yang selalu memberikan nasehat, semangat, dan doa kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan tepat pada waktunya.
3. Kakak dan adik penulis Yudistiro dan Ariyok yang selalu memberikan semangat dan hiburan kepada penulis selama mengerjakan Tugas Akhir.
4. Seluruh Dosen, dan Staff Karyawan Jurusan Teknik Elektro-FTI, ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
5. Teman-teman Angkatan 2010.
6. Teman-teman Laboratorium Tegangan Tinggi yang mengingatkan dan mendukung penulis agar penulis bisa wisuda ke-111.
7. Teman-teman Kontrakan GAP-KERAH yang selalu mendukung penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat dan berguna bagi penulis khususnya dan juga bagi para pembaca pada umumnya.

Surabaya, Juli 2014

**Penulis**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
 BAB 1 PENDAHULUAN .....	 1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Permasalahan .....	1
1.3 Batasan Masalah .....	1
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi .....	2
1.5.1 Metode Pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan <i>Earth Resistance Tester</i> yang akan dilakukan .	2
1.5.2 Posisi peletakan semen konduktif terhadap elektroda utama.....	2
1.6 Sistematika penulisan .....	3
 BAB 2 Pemanfaatan Semen Konduktif Sebagai Media Pembumian Elektroda Batang.....	 5
2.1 Sistem pembumian .....	5
2.2 Resistansi pembumian .....	5
2.3 Jenis tanah .....	6
2.4 Tanah sebagai konduktor .....	7
2.5 Macam-macam elektroda pembumian.....	9
2.6 Jenis penggunaan elektroda untuk sistem pembumian .....	10
2.7 Sistem pembumian menggunakan elektroda batang .....	10
2.8 Penanaman elektroda batang pembumian tegak lurus dengan permukaan tanah .....	13

2.9 Sifat kimia semen .....	14
2.9.1 Semen konduktif .....	14
2.10 Resistivitas semen konduktif.....	15
 BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	17
3.1 Studi literatur.....	17
3.2 Tempat dan waktu penelitian .....	17
3.3 Rencana penelitian .....	17
3.4 Rangkaian pengukuran .....	20
3.4.1 Rangkaian pengukuran resistansi semen konduktif .....	20
3.4.2 Rangkaian pengukuran resistansi pembumian.....	21
3.4.3 Rangkaian pengukuran resistivitas tanah.....	22
3.5 Langkah-langkah pengukuran .....	23
3.5.1 Pengukuran resistivitas semen konduktif.....	23
3.5.2 Pengukuran resistivitas tanah .....	23
3.5.3 Pengukuran resistansi pembumian.....	23
3.5.4 Pengukuran resistansi elektroda batang .....	24
3.6 Analisa hasil pengujian .....	25
3.7 Diagram.....	25
 BAB IV DATA DAN ANALISIS PENELITIAN .....	27
4.1 Pengukuran kerapatan partikel semen konduktif.....	27
4.2 Pengukuran resistivitas semen konduktif .....	28
4.3 Pengukuran resistansi tanah ketel.....	29
4.4 Pengukuran resistansi elektroda batang.....	30
4.5 Pengukuran resistansi tanah lempung .....	31
4.6 Pengaruh peletakan semen konduktif disekitar elektroda batang terhadap nilai resistansi pembumian berdasarkan analisa matematis dan hasil pengukuran.....	32
4.6.1 Model peletakan semen konduktif pada posisi 1 .....	34
4.6.2 Model peletakan semen konduktif pada posisi 2 .....	43
4.7 Persebaran medan terhadap peletakan semen konduktif disekitar kombinasi elektroda jaring dan elektroda batang terhadap nilai resistansi pembumian berdasarkan analisa simulasi pada perangkat lunak dan hasil pengukuran .....	52
4.8 Mengetahui Persebaran medan dengan menggunakan perangkat lunak.....	52
4.8.1 Model peletakan posisi 1 dengan elektroda gabungan....	53

4.8.2 Model peletakan posisi 2 dengan elektroda gabungan.....	54
BAB 5 PENUTUP .....	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	59
RIWAYAT HIDUP.....	61

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b>	Nilai resistivitas beberapa jenis tanah..... 6
<b>Tabel 2.2</b>	Dimensi standar elektroda batang..... 11
<b>Tabel 2.3</b>	Luas penampang minimum elektroda batang pembumian standar berdasarkan bahan ..... 12
<b>Tabel 2.4</b>	Susunan Unsur Semen..... 14
<b>Tabel 4.1</b>	Hasil pengukuran resistansi semen konduktif ..... 28
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil pengukuran resistansi tanah ketel..... 29
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil pengukuran resistansi pembumian dalam medium tanah dengan komposisi 50% volume semen konduktif 50% volume tanah..... 32
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil perhitungan nilai resistansi pembumian dengan model peletakan semen konduktif pada posisi 1 untuk setiap lapisan ( $l = 3\text{ cm}$ ) ..... 35
<b>Tabel 4.5</b>	Hasil perhitungan nilai resistansi pembumian dengan model peletakan semen konduktif pada posisi 2 untuk setiap lapisan ( $l = 3\text{ cm}$ ) ..... 44
<b>Tabel 4.6</b>	Perbandingan nilai resistansi pembumian antara hasil pengukuran dengan dengan analisa matematik ..... 51
<b>Tabel 4.7</b>	Hasil pengukuran resistansi tanah disekitar elektroda batang dan jaring ..... 52

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar2.1</b> Grafik fungsi resistivitas terhadap kadar air dalam tanah.....	8
<b>Gambar 2.2</b> Elektroda batang.....	9
<b>Gambar2.3</b> Elektroda pelat.....	9
<b>Gambar2.4</b> Elektroda pita.....	9
<b>Gambar2.5</b> sel – sel tanah sebagai elektroda pembumian .....	13
<b>Gambar3.1</b> Variasi pemodelan peletakan semen konduktif pada obyek uji .....	19
<b>Gambar3.2</b> Pengukuran resistivitas semen konduktif .....	20
<b>Gambar3.3</b> Pengukuran resisitansi pembumian dengan <i>Earth Resistance Tester</i> .....	21
<b>Gambar3.4</b> Pengukuran resistivitas tanah menggunakan metode empat titik dengan <i>Earth Resistance Tester</i> .....	22
<b>Gambar3.5</b> Elektroda batang dan bayangannya .....	24
<b>Gambar4.1</b> Model Peletakan Semen Konduktif pada Posisi 1 .....	34
<b>Gambar 4.2</b> Grafik fungsi resistansi pembumian terhadap jarak pada setiap tebal lapisan tanah yang sesuai dengan model peletakan semen konduktif pada posisi 1.....	42
<b>Gambar4.3</b> Model Peletakan Semen Konduktif pada Posisi 2 .....	43
<b>Gambar 4.4</b> Grafik fungsi resistansi pembumian terhadap jarak pada setiap tebal lapisan tanah yang sesuai dengan model peletakan semen konduktif pada posisi 2 .....	51
<b>Gambar4.5</b> Model Peletakan Posisi 1 Dengan Kombinasi Elektroda Batang dan Jaring .....	53
<b>Gambar 4.6</b> Model Persebaran Medan Pada Kombinasi Elektroda Batang dan Jaring .....	54
<b>Gambar4.7</b> Model Peletakan Posisi 1 Dengan Kombinasi Elektroda Batang dan Jaring.....	54
<b>Gambar 4.8</b> Model Persebaran Medan Pada Kombinasi Elektroda Batang dan Jaring .....	55



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Suatu sistem distribusi tenaga listrik merupakan sistem yang luas yang menghubungkan satu titik ke titik lain sehingga sangat peka terhadap berbagai gangguan ,diantaranya adalah gangguan tanah[1]. Dari gangguan tersebut memiliki banyak dampak yang dapat menurunkan tegangan cukup besar, menurunkan stabilitas sistem , membahayakan manusia dan dapat merusak peralatan elektronik. Dan salah satu faktor yang berpengaruh agar kestabilan sistem dan keamanan peralatan listrik tetap terjaga adalah dengan pentanahan pada peralatan yang baik [2].

Dalam suatu sistem pentanahan yang baik, semakin kecil nilai resistansi pembumian maka kemampuan mengalirkan arus ketanah semakin besar sehingga arus gangguan yang mungkin terjadi tidak mengalir ke peralatan dan merusaknya. Ini berarti pentanahan yang baik, nilai resistansi tanahnya harus 1-5 ohm atau lebih rendah [3].

Dengan kondisi dimana suatu lokasi memiliki resistansi tanah yang tinggi, dengan kondisi tanah yang berbatu itu bisa menjadi tidak mungkin untuk melakukan pembumian dengan batang vertikal (*rod*). Karena struktur tanah yang kering ,kadar air yang terkandung dalam tanah, temperatur tanah dan ukuran butiran material[4]. Mengacu pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan untuk mengurangi resistansi pada tanah menggunakan semen konduktif sebagai media pentanahan elektroda jenis batang, metode tersebut mampu mengurangi resistansi tanah seminim mungkin [5]. Pada tugas akhir ini dilakukan perubahan *treatment* yang dilakukan pada tanah menggunakan semen konduktif sebagai indikator campuran tanah untuk menurunkan resistansi tanah. Dan diharapkan metode ini dapat menurunkan resistansi tanah dengan lebih efektif lagi .

### **1.2. Permasalahan**

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh peletakan semen konduktif disekitar elektroda batang terhadap nilai resistansi pembumian dengan volume yang sama.

### **1.3. Batasan Masalah**

Untuk menyelesaikan masalah dalam tugas akhir ini, maka perlu diberi batasan-batasan dan asumsi sebagai berikut :

1. Ukuran partikel semen konduktif dibuat seragam semapai tercapai satu ukuran tertentu
2. Elektroda pembumian adalah elektroda batang (*rod*) tunggal
3. Jari – jari elektroda batang pembumian dibuat tetap
4. Kedalaman penanaman elektroda batang dibuat tetap
5. Metode pengukuran resistansi tanah memakai metode 3 titik
6. Variabel dalam penelitian ini adalah peletakan semen konduktif, volume semen konduktif yang ditanam bersama elektroda batang.

#### **1.4. Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah Mencari pengaruh pemberian semen konduktif terhadap perubahan resistansi tanah pada sistem pembumian.

#### **1.5. Metodologi**

Paada studi ini dilakukan dengan menggunakan elektroda batang (*rod*) yang ditanam kedalam tanah dengan kedalaman tetap , yang sebelumnya tanah telah di treatment dengan dengan mencampurkan semen konduktif pada tanah sebagai medium penurunan resistansi tanah dengan volume dan posisi yang berbeda . Untuk mengetahui parameter tahanan yang akan diukur memakai alat *earth resistance tester*. Pengujian ini dilakuan berulang kali untuk mengetahui nilai rata – rata yang ditentukan analisa data dengan pengujian serta perhitungan manual.

##### **1.5.1. Metode pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan Earth Resistance Tester yang akan dilakukan.**

Rangkaian pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda batang dengan metode tiga titik. Satu elektroda sebagai elektroda utama dan elektroda lainnya sebagai elektroda bantu. Darirangkain tersebut, arus mengalir dari sumber tegangan yang berasal dari *Earth Resistance Tester* ke elektroda utama, kemudian melalui tanah dan menuju ke elektroda bantu. Dengan menggunakan *Earth Resistance Tester*, maka akan diketahui besar resistansi pembumian.

##### **1.5.2. Posisi peletakan semen konduktif terhadap elektroda utama.**

Dibuat seragam dengan perbandingan 50% semen konduktif dan 50% tanah, pada ke dalaman 30 cm dari permukaan tanah yang rata serta berdiameter 30 cm. Dan mennggunakan lima macam posisi peletakan.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan terdiri dari lima bagian, dan masing – masing dari bab akan berisis sebagai berikut :

1. BAB I : merupakan pendahuluan yang terdiri dari latar belakang masalah, permasalahan, batasan masalah, tujuan dan metodologi.
2. BAB II : menjelaskan landasan teori mengenai dasar teori yang digunakan untuk dasar penelitian yang dilakukan dan untuk mendukung permasalahan yang diungkapkan.
3. BAB III : Dalam bab ini akan dibahas mengenai metode penelitian yang akan dilakukan meliputi studi literatur, tempat penelitian, waktu penelitian, peralatan yang digunakan untuk penelitian, model rangkaian penelitian, langkah penelitian dan teknik pengumpulan data.
4. BAB IV : Dalam bab ini akan dibahas mengenai analisa serta pembahasan terhadap masalah yang diajukan dalam tugas akhir.
5. BAB V : Dalam bab ini berisi mengenai kesimpulan dan saran dari hasil penelitian dari sang penulis.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB II**

### **Pemanfaatan Semen Konduktif Sebagai Media Pembumian Elektroda Batang**

#### **2.1. Sistem Pembumian**

Sistem pembumian adalah suatu tindakan dasar yang sangat penting untuk menjamin keamanan dan keandalan dari operasi sistem tenaga listrik serta memastikan keselamatan manusia dari gangguan yang terjadi pada jaringan listrik dan peralatan. Dalam penerapannya tidak semua sistem jaringan listrik di hubungkan langsung dengan sistem pembumian. Sistem pembumian digunakan untuk menyalurkan arus gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan seperti hubung singkat, petir, maupun arus bocor, sehingga sistem kelistrikan tersebut aman bagi peralatan maupun bagi manusia. Seperti yang telah diketahui bahwa semakin kecil nilai dari suatu resistansi maka pembumiannya akan semakin baik, karena berdasarkan sifat dasar arus yang cenderung akan mengalir pada resistansi yang lebih kecil dibandingkan suatu nilai resistansi yang besar.

Suatu sistem yang diketanahkan adalah sistem yang dihubungkan dengan suatu sistem pembumian langsung dengan netral atau penghantar padat yang langsung menuju ke tanah. Agar suatu sistem pembumian dapat bekerja semaksimal mungkin, maka harus memenuhi berbagai persyaratan sebagai berikut :

1. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil maupun peralatan.
2. Dapat menyebarkan arus gangguan secara berulang akibat surja hubung (*surge current*)
3. Menggunakan elektroda yang tahan korosi terhadap pengaruh kimia tanah serta suhu sehingga menjamin kontinuitas pengamanan sepanjang umur objek yang diamankan.
4. Menggunakan bahan yang tahan terhadap dampak pengaruh mekanis.

#### **2.2 Resistansi Pembumian**

Menurut komposisi dari resistansi dalam sistem pembumian adalah sebagai berikut :

1. Resistansi elektroda batang
2. Resistansi kontak antara permukaan elektroda batang dan tanah disekitarnya

### 3. Resistansi bagian tanah di sekitar elektroda batang pbumian

Pada umumnya resistansi elektroda batang dan resistansi kontak antara elektroda batang dengan tanah disekitarnya nilainya sangat kecil sehingga dapat diabaikan dengan resistansi pada bagian tanah disekitar elektroda pbumian. Hal ini dapat diabaikan jika elektroda batang pbumian bebas dari berbagai macam kontaminasi seperti minyak maupun cat dan tidak ada rongga udara antara elektroda batang dengan tanah disekitarnya. Maka dengan demikian resistansi yang paling menentukan nilai suatu resistansi sistem pbumian tersebut adalah resistivitas tanah itu sendiri. Komponen yang dapat mempengaruhi resistivitas tanah adalah jenis tanah, komposisi kimia yang terkandung dalam tanah, kadar air yang terkandung dalam tanah, konsentrasi kimia garam yang terkandung di dalam tanah, suhu atau temperatur tanah, ukuran butiran material serta distribusinya, kepadatan dan tekanan tanah [6].

#### 2.3 Jenis Tanah

Dalam suatu sistem pbumian yang baik jenis tanah juga sangat menentukan resistivitas tanah tersebut.. Tidak semua tanah memiliki nilai resistivitas yang baik untuk suatu sistem pbumian ini dipengaruhi oleh kerapatan serta kontaminasi yang dimiliki oleh tanah tersebut serta tempat dan kondisi dimana tanah itu berada. Sehubungan dengan sistem pbumian tanah dibagi dalam beberapa jenis . Berikut adalah tabel dari beberapa jenis tanah serta perkiraan nilai resistivitasnya dan dapat diperoleh data sebagai berikut [6].

**Tabel 2.1** Nilai resistivitas beberapa jenis tanah [6]

Jenis Tanah	Resistivitas dalam (ohm-cm)
Tanah liat, tanah kebun, dll	500 – 5.000
Tanah liat	800 – 5.000
Campuran tanah liat, pasir dan kerikil	4.000 – 25.000
Pasir dan kerikil	6.000 – 10.000
Batu tulis, pasir berbatu, dll	1.000 – 50.000

Batu karang	20.000 – 1.000.000
-------------	--------------------

Nilai resistivitas yang berada di dalam Tabel 2.1 adalah suatu perkiraan untuk nilai resistivitas yang diharapkan. Berbagai macam penelitian dari waktu ke waktu yang mengukur nilai resistivitas berbagai jenis tanah baik melalui pengambilan sampel contoh dan mengukurnya dalam penelitian khusus maupun dengan pengukuran yang tidak berpengaruh pada massa tanah. Penelitian tersebut bukan termasuk masalah yang tidak mudah tetapi memungkinkan untuk memberikan hasil yang akurat. Sangat sulit untuk dapat memastikan bahwa contoh sampel yang diambil dari tanah dalam kondisi yang sama ketika diukur sebagaimana ia ditempatkan.

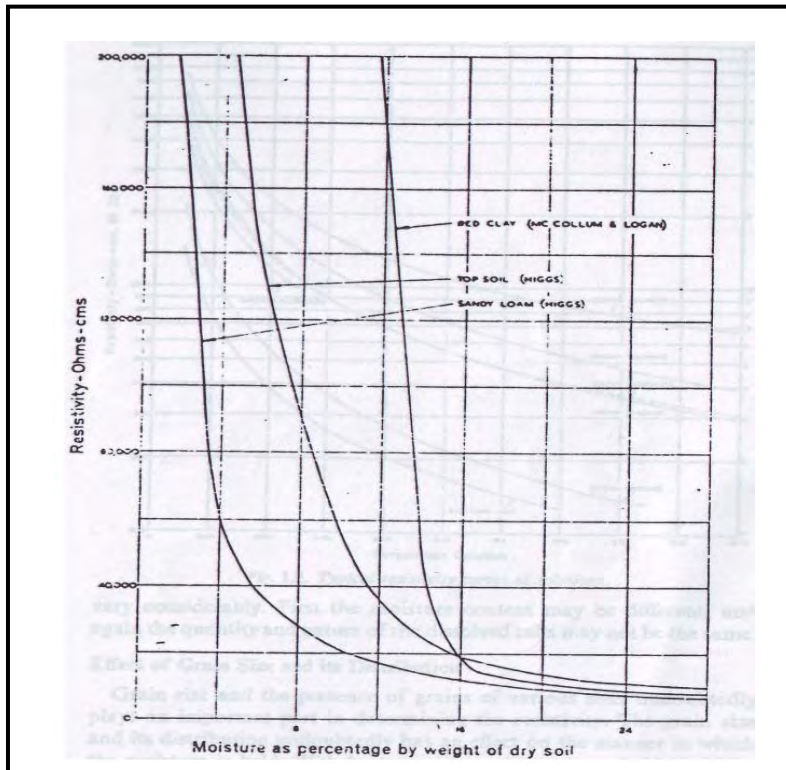
## 2.4 Tanah Sebagai Konduktor

Dalam perkembangan dari suatu sistem tenaga listrik, tanah dapat digunakan sebagai konduktor listrik. Pada penerapannya tanah berguna sebagai konduktor yang baik, meskipun tanah memiliki banyak kelemahan jika digunakan sebagai onduktor. Karena dimensi lintasan arus yang melalui tanah sangat besar, resistansi beberapa lintasan diabaikan. Bentuk elektroda yang akan digunakan sangat berpengaruh dalam menentukan besarnya resistansi tanah yang dilewati arus keluar dan masuk tanah.

Sifat sebagian besar tanah dan batu ketika dalam kondisi sangat kering bukan merupakan konduktor listrik. Namun apabila tanah dan batu mengandung mineral tertentu, maka menjadi bersifat konduktor listrik karena kandungan metaliknya. Pasir dan batu mempunyai resistivitas yang tinggi ini berarti dengan kata lain bahwa pasir dan batu bukan merupakan suatu konduktor yang baik.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka yang harus dilakukan adalah mengkondisikan tanah agar menjadi lebih konduktif, yaitu dengan melakukan *treatment* yang khusus pada tanah tersebut dengan tujuan memperbaiki sifat – sifat kimia dasar dari tanah. Karena resistivitas tanah ditentukan oleh kadar air serta perlakuan terhadap tanah tersebut.





**Gambar 2.1** Grafik fungsi resistivitas terhadap kadar air dalam tanah[6]

Gambar 2.1 menunjukkan hubungan resistivitas tanah dengan kadar air yang dikandungnya untuk beberapa jenis tanah. Pada persentase air yang besar, kelembaban tinggi, maka resistivitasnya kecil. Dari gambar dapat dilihat bahwa resistivitas akan turun dengan cepat ketika terjadi penambahan kelembaban/kadar air. Dan untuk mengkondisikan tanah menjadi lebih konduktif perlu dilakukan *treatment* khusus terhadap tanah, *treatment* khusus tersebut bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat kimia dasar dari tanah [7]. Resistivitas tanah ditentukan oleh kadar air dalam tanah serta perlakuan terhadap tanah.

## 2.5 Macam – Macam Elektroda Pembumian

Pada dasarnya ada 3 jenis macam elektroda yang digunakan pada sistem pembumian yaitu :

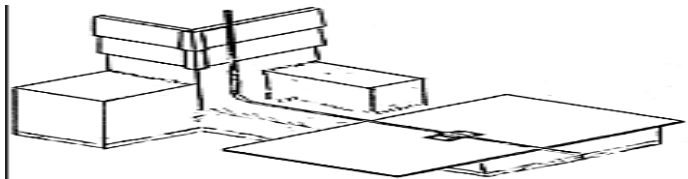
1. Elektroda Batang



**Gambar 2.2** Elektroda batang

Elektroda batang terbuat dari batang atau pipa logam . Biasanya dibuat dari bahan tembaga, *stainless steel* atau *galvanised steel*. Perlu di perhatikan juga bahawa bahan juga harus anti korosi.

2. Elektroda Pelat



**Gambar 2.3** Elektroda Pelat

Bentuk elektroda pelat biasanya empat persegi atau persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau pelat baja yang ditanam ditanah .

3. Elektroda Pita



**Gambar 2.4** Elektroda Pita

elektroda pita jenis ini terbuat dari bahan metal berbentuk pipa atau juga kawat BCC. Elektroda pita bisa dipasang pada struktur tanah yang mempunyai tahanan jenis rendah pada permukaan dan pada daerah yang tidak mengalami kekeringan.

Hal ini cocok untuk daerah – daerah pegunungan dimana harga tahanan jenis tanah makin tinggi dengan kedalaman.

## **2.6 Jenis Penggunaan Elektroda untuk Sistem Pembumian**

Jenis - jenis elektroda untuk penggunaan sistem pembumian adalah sebagai berikut :

1. Pembumian batang vertikal (*grounding rod*)  
*Grounding rod* adalah pembumian yang dilakukan dengan cara menanam batang elektroda pembumian tegak lurus dengan permukaan tanah.
2. Pembumian kisi-kisi (*grounding grid*)  
*Grounding grid* adalah pembumian yang dilakukan dengan cara menanam batang elektroda pembumian sejajar dengan permukaan tanah serta elektroda pembumian tersebut dihubungkan satu dengan yang lain sehingga berbentuk jaring atau *mesh*.

## **2.7 Sistem Pembumian Menggunakan Elektroda Batang (Rod)**

Tujuan utama sistem pembumian adalah mendapatkan nilai resistansi yang rendah sehingga memungkinkan untuk arus gangguan yang terjadi dapat dengan cepat tersalurkan ke tanah. Elektroda pembumian yang digunakan untuk melewatkan arus gangguan ke tanah adalah elektroda pembumian jenis batang. Seperti yang dijelaskan sebelumnya elektroda batang adalah elektroda yang terbuat dari tembaga, besi baja profil atau pipa yang dipancangkan kedalam bumi. Dalam penggunaannya, elektroda batang sangat dipengaruhi oleh ukuran, dimensi dan bahan dari elektroda batang tersebut, karena pada dasarnya pembumian dengan elektroda batang perlu memperhatikan panjang dan ukuran elektrodanya agar dalam melakukan instalasi pembumian bisa diperoleh hasil dan nilai yang baik, meskipun pengaruh ukuran diameter terhadap resistansi pembumiannya adalah kecil yang hanya berpengaruh sekitar 10% [7].

Ukuran dimensi standar dari elektroda batang yang pada umumnya dipakai pada sistem pembumian dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2**Dimensi standar elektroda batang[8]

No.	Elektroda Batang				
	Diameter (inchi)	Panjang (ft)	Diameter (mm)	Panjang (m)	Ukuran Klem* (mm <sup>2</sup> )
1	3/8	5-40	9,53	1,5-12,2	6-10
2	½		12,7		6-16
3	5/8		15,88		6-16
4	¾		19,05		25-50
5	1		25,4		25-50

Pada umumnya elektroda batang menggunakan silinder yang terbuat dari tembaga murni, batang tembaga telanjang dan berlapis (*copper-clad steel*), batang besi tahan karat (*stainless rod*), kawat tembaga yang dimasukkan ke dalam batang pipa yang digalvanisasi dan dapat berupa baja yang sudah disepuh oleh tembaga.

**Tabel 2.3** Luas penampang minimum elektroda batang pembumian standar berdasarkan bahan [9]

Jenis elektroda	Bahan		
	Baja berlapis seng dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
Elektroda batang	<p><i>Pipa baja berdiameter 1 inchi:</i></p> <p>Baja profil: L 65x65x7 U 6 ½ T 6 X 50x3 atau batang profil lain yang setara</p>	<p><i>Baja bulat:</i></p> <p>Berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 2,5 mm</p>	<p><i>Pipa tembaga:</i></p> <p>Luas penampang: 50 mm<sup>2</sup> Tebal : 2 mm Hantaran pilin: (<i>bukan kawat halus</i>) Luas penampangnya: 35 mm<sup>2</sup></p>

Kalau tanahnya sangat korosif sebaiknya digunakan ukuran-ukuran minimum 1,5x ukuran yang diberikan pada Tabel 2.5. Kalau elektroda yang dimaksudnya untuk mengatur gradient tegangan, luas penampang minimum yang boleh digunakan adalah sebagai berikut :

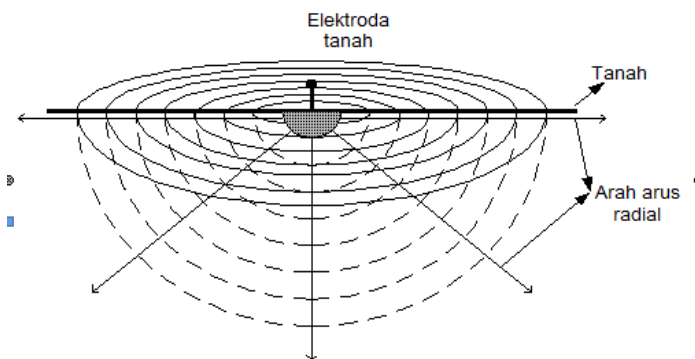
1. Untuk baja berlapis tembaga :minimum 16 mm<sup>2</sup>
2. Untuk tembaga :minimum 10 mm<sup>2</sup>

Adapun beberapa hal yang penting dan perlu diperhatikan dalam pemilihan elektroda batang dalam sistem pembumian yang baik adalah sebagai berikut :

1. Memiliki daya hantar jenis (*conductivity*) yang cukup baik sehingga tidak akan memperbesar beda potensial lokal yang sangat membahayakan.
2. Tahan terhadap peleburan dari keburukan suatu sambungan sistem kelistrikan, walaupun konduktor tersebut akan terkena *magnitude* arus gangguan dalam waktu yang cukup lama.
3. Tahan terhadap korosi
4. Memiliki kekuatan secara mekanis yang sangat kuat, terutama bila digunakan di daerah yang tidak terlindung oleh kerusakan fisik.

## 2.8 Penanaman Elektroda Batang Pembumian Tegak Lurus dengan Permukaan Tanah.

Dalam sebuah sistem pembumian menggunakan elektroda batang persebaran arus dapat dimodelkan sebagai sebuah setengah lingkaran, setengah ellips atau setengah tabung. Elektroda ini dapat digambarkan sebagai konduktor yang tersusun dari lapisan berpelapis tanah yang tebalnya sama seperti yang dilihat pada Gambar 2.5, berupa penanaman satu elektroda batang pembumian tegak lurus dengan permukaan tanah.



**Gambar 2.5** sel – sel tanah sebagai elektroda pembumian

Arus yang diterima oleh elektroda batang dalam sistem pembumian akan melintasi sel – sel ini ke semua arah. Sel tanah yang terdekat dengan batang elektroda pembumian mempunyai permukaan paling kecil sehingga memberikan resistansi yang paling besar. Hal ini diketahui sebagai resistansi efektif dan jarak ini ditentukan oleh

kedalaman penanaman dan diameter elektroda batang pembedaan yang dipakai.

## 2.9 Sifat Kimia Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi satu massa yang padat. Meskipun definisi ini dapat diterapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton adalah bahan jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidraulis. Hidraulis berarti semen bereaksi dengan air dan membentuk suatu bahan massa.

Bahan dasar penyusun semen terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika dan oksida besi, maka bahan-bahan itu menjadi unsur-unsur pokok semennya.

**Tabel 2.4** Susunan Unsur Semen [12]

Oksida	Persen (%)
Kapur ( $\text{CaO}$ )	60 – 65
Silika ( $\text{SiO}_2$ )	17 – 25
Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	3 – 8
Besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	0,5 – 6
Magnesia ( $\text{MgO}$ )	0,5 – 4
Sulfur ( $\text{SO}_3$ )	1 – 2
Potash ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ )	0,5 – 1

### 2.9.1 Semen Konduktif (*Grounding Enhancement Material*)

Jenis semen yang akan digunakan dalam penelitian kali ini adalah semen konduktif atau semen grounding (*ground Enhancement Material*). Semen grounding adalah bahan pengurukan atau *backfill* yang meningkatkan konduktivitas tanah disekitar elektroda batang dan sistem pembedaan kisi – kisi. Pada umumnya semen grounding digunakan pada

kondisi dengan resistansi tinggi termasuk berbatu dan berpasir tanah, serta medan kering , pegunungan , dan tanah beku agar resistansi menurun untuk menciptakan sistem pentanahan yang handal. Sistem pentanahan yang handal akan memberikan jalan impedansi yang cukup rendah untuk mengalirkan arus ke tanah .

Selain itu semen konduktif memiliki beberapa kelebihan yang sangat menguntungkan bagi sistem pembumian diantaranya adalah :

1. Konduktivitas listrik yang stabil.
2. Memiliki efisiensi yang sangat tinggi untuk menurunkan resistansi.
3. Sangat baik ketahanannya terhadap korosi.

## 2.10 Resistivitas Semen Konduktif

Semen konduktif memiliki sifat listrik yaitu resistivitas. Resistivitas adalah salah satu faktor yang menentukan resistansi suatu bahan. Penelitian resistivitas dapat memberi informasi yang bermanfaat mengenai sifat semen konduktif. Untuk mengukur resistivitas semen konduktif dapat dilakukan dengan menggunakan Ohmmeter dan diperoleh dari hasil pengukuran, dengan persamaan (2-1) [G.F. Tagg, 1964: 16]:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \text{ ohm} \quad (2-1)$$

$$\rho = \frac{A \cdot R}{l} \quad (2-2)$$

$$\rho = \frac{\pi r^2 \cdot R}{l} \text{ ohm - cm}$$

dengan :

- |   |   |
|---|---|
| R | = nilai resistansi hasil pengukuran (ohm)       |
| l | = tinggi semen konduktif dalam tabung ukur (cm) |
| A | = luas penampang tabung ukur (cm <sup>2</sup> ) |
| r | = jari –jari tabung ukur (cm)                   |
| ρ | = nilai resistivitas semen konduktif (ohm-cm)   |

Resistivitas semen konduktif sangat dipengaruhi oleh kerapatan partikelnya. Kerapatan adalah suatu besaran turunan dalam fisika yang secara umum lebih dikenal sebagai massa jenis. Maka dalam penelitian



kali ini perlu juga diketahui kerapatan dari partikel semen konduktif yang digunakan dalam penelitian. Dalam kerapatan semen konduktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-3) [Gaguk A, 2004: 1]:

$$K = \frac{m}{V} \quad (2-3)$$

dengan:

K	= kerapatan semen konduktif (gram/cm <sup>3</sup> )
m	= massa semen konduktif (gram)
V	= volume semen konduktif dalam tabung ukur (cm <sup>3</sup> )

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Metode penelitian yang diterapkan pada tugas akhir ini adalah metode pengujian yang dilakukan secara langsung. Adapun metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

#### **3.1 Studi Literatur**

Tugas akhir ini dibuat dengan memanfaatkan beberapa referensi baik dari buku maupun hasil penelitian – penelitian mengenai sistem pbumian. Studi literatur ini mempelajari :

1. Sistem pbumian
2. Resistansi tanah
3. Jenis tanah
4. Tanah sebagai konduktor
5. Macam- macam elektroda pbumian
6. Jenis penggunaan elektroda untuk sistem pbumian
7. Sistem pbumian menggunakan elektroda batang (*rod*)
8. Penanaman elektroda batang pbumian tegak lurus dengan permukaan tanah
9. Sifat kimia semen
10. Semen konduktif (*Grounding Enhancement Material*)
11. Resistivitas semen konduktif

#### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan di wilayah tanah terbuka di sekitar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada bulan Oktober 2014.

#### **3.3 Rencana Penelitian**

Dalam memulai penelitian harus menentukan langkah – langkah yang akan dilakukan untuk menentukan batasan - batasanya. Perencanaan elektroda sebagai alat untuk mencari karakteristik pengaruh pemberian semen konduktif terhadap perubahan nilai dari resistansi pbumian ini meliputi langkah – langkah sebagai berikut :

1. Memilih tempat yang akan digunakan untuk melakukan penelitian.
2. Mempersiapkan medium tanah yang akan dipergunakan untuk pengujian.

Medium tanah yang dipergunakan untuk pengujian yaitu pasir tanah atau tanah ketel (karena tempat yang dipergunakan untuk pengujian bertepatan dengan daerah taman), agar kondisi saat dilakukan pengujian satu ke pengujian lainnya tidak jauh berbeda atau seragam, dengan tujuan agar data yang diambil pada semua pemodelan penelitian lebih akurat karena jenis tanah yang diuji adalah sama. Medium tanah yang dipergunakan untuk penelitian berbentuk tabung dengan ukuran diameter 30 cm dengan ketinggian 30 cm.

3. Mempersiapkan material tambahan yaitu semen konduktif.

Semen konduktif yang digunakan adalah GEM (*Grounding Enhancement Material*). Ukuran partikel semen konduktif telah seragam, ini menguntungkan karena nilai tahanan kontak antara permukaan elektroda batang dan tanah disekitarnya menjadi sangat kecil sehingga dapat diabaikan.

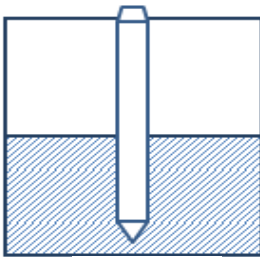
4. Pemilihan bentuk elektroda

Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda batang (*rod*). Elektroda yang digunakan terbuat dari baja bulat yang dilapisi dengan sepuhan tembaga berdiameter 16 mm.

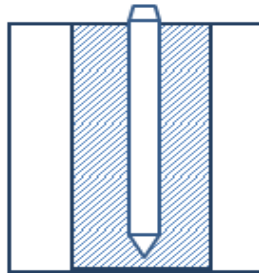
5. Metode pengukuran

Dalam penelitian ini digunakan metode 3 (tiga) titik untuk mengukur besarnya resistansi pembedaan disekitar elektroda batang yang ditanam.

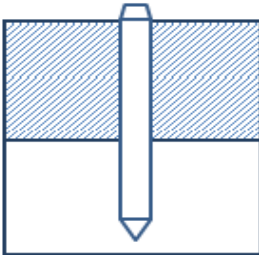
Obyek yang diuji adalah mencari karakteristik pengaruh pemberian semen konduktif terhadap perubahan suatu nilai resistansi pembedaan dengan menggunakan elektroda batang yang ditanam bersama sebagai satu kesatuan. Variabel yang diubah – ubah pada penelitian kali ini adalah posisi peletakan semen konduktif terhadap elektroda batang untuk mengetahui posisi paling efektif terhadap penurunan resistansi pembedaan. Berikut Posisi peletakan semen konduktif terhadap elektroda utama. Dengan perbandingan 50% semen konduktif dan 50% tanah, pada kedalaman 30 cm dari permukaan tanah dan berdiameter 30 cm. Dengan kondisi pengujian dilakukan saat kondisi kering pada media tanah atau obyek uji.



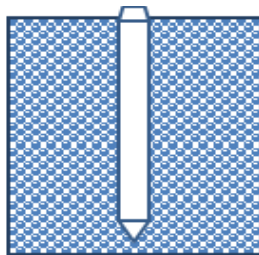
Posisi 1



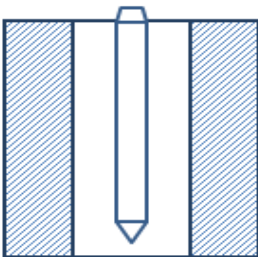
Posisi 4



Posisi 2



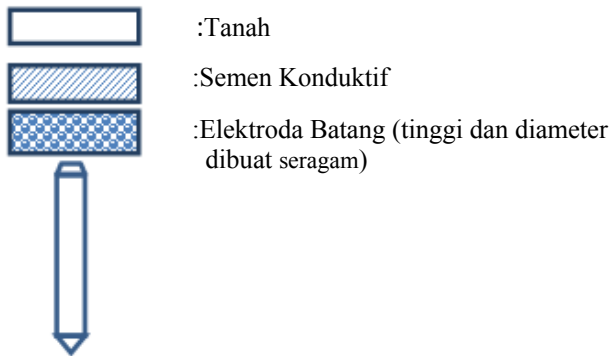
Posisi 5



Posisi 3

**Gambar 3.1** Variasi pemodelan peletakan semen konduktif pada obyek uji

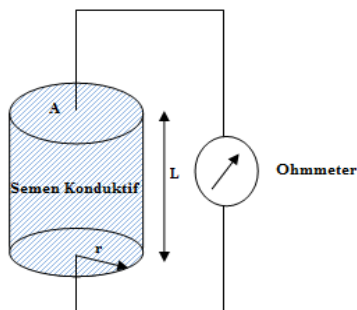
Keterangan :



### 3.4 Rangkaian Pengukuran

#### 3.4.1 Rangkaian Pengukuran Resistansi Semen Konduktif

Semen Konduktif yang akan digunakan sebagai media untuk memperkecil nilai resistansi pbumian dimasukan dalam pipa ukur plastik dan diberi tutup pada setiap ujung pipa dan dipasang kawat tembaga serta dipasang seri dengan ohmmeter untuk dapat mengetahui nilai resistansinya. Pengukuran yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 3.2

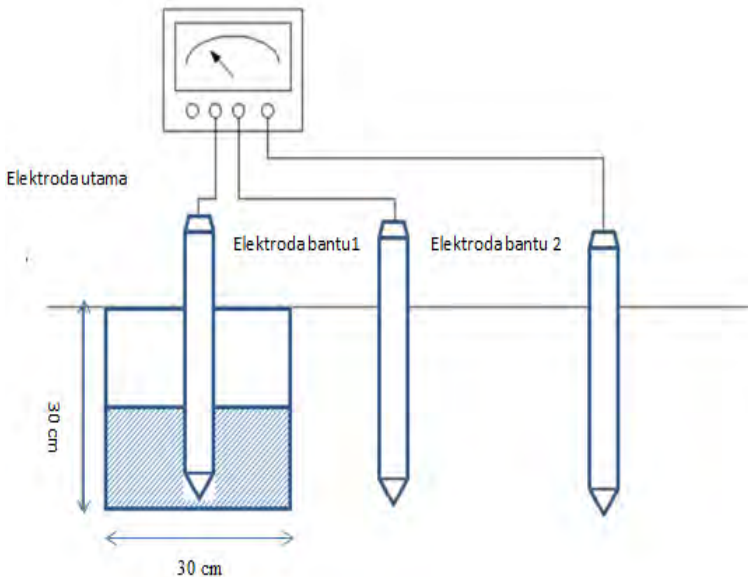


**Gambar 3.2** Pengukuran resistivitas semen konduktif

Dari rangkaian pada Gambar 3.2 maka diperoleh nilai resistansi dengan menggunakan ohmmeter.

### 3.4.2 Rangkaian Pengukuran Resistansi Pembumian

#### Earth Resistance Tester

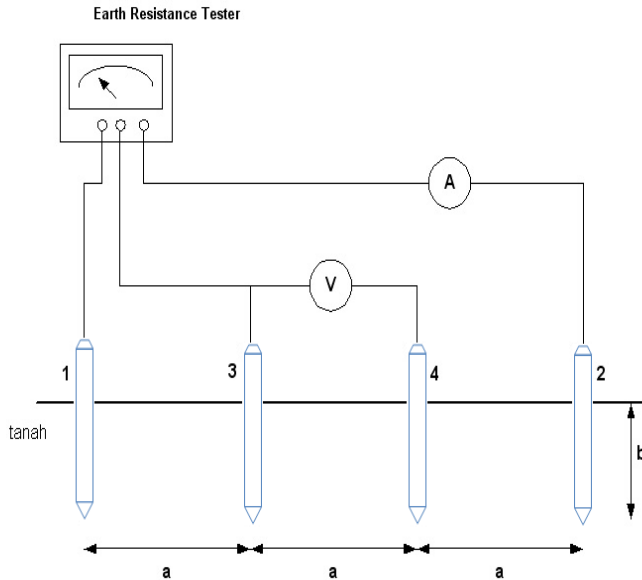


**Gambar 3.3** Pengukuran Resistansi Pembumian dengan Earth Resistance Tester

Rangkaian Pengukuran resistansi pembumian yang digunakan dalam penelitian menggunakan elektroda batang dengan metode tiga titik, satu elektroda sebagai utama dan dua elektroda lainnya digunakan sebagai elektroda bantu. Dari rangkaian tersebut, arus mengalir dari sumber tegangan yang berasal dari *Earth Resistance Tester* ke elektroda utama, kemudian melalui tanah dan menuju elektroda bantu lainnya. Dengan menggunakan *Earth Resistance Tester*, maka akan diketahui besar resistansi pembumian.

### 3.4.3 Rangkaian Pengukuran Resistivitas tanah

Pada Rangkaian pengukuran resistivitas tanah dapat diketahui menggunakan empat buah elektroda batang yang dihubungkan dengan *Earth Resistance Tester*, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Pengukuran resistivitas tanah menggunakan metode empat titik dengan *Earth Resistance Tester*

*Earth Resistance Tester* selain digunakan untuk mengukur nilai resistansi pembumian, dapat juga digunakan untuk menghasilkan sumber tegangan, yang dibutuhkan dalam pengukuran resistivitas tanah. Arus  $I$  dapat mengalir dan dapat terbaca pada Ampermeter karena adanya lebih dari satu buah elektroda batang yang dimasukkan ke tanah sehingga membentuk *loop* tertutup, arus masuk ke tanah melalui salah satu buah elektroda batang dan kembali ke elektroda batang yang lain. Setelah itu dapat diketahui nilai tegangan dan arus yang terbaca pada masing-masing alat ukur Voltmeter dan Ampermeter.

### 3.5 Langkah-langkah pengukuran

#### 3.5.1 Pengukuran Resistivitas Semen konduktif

Semen konduktif yang akan digunakan dalam penelitian akan diukur resistivitasnya, dengan menggunakan persamaan (2-2) dan hasil resistansi semen konduktif yang telah diperoleh pada rangkaian pengujian resistansi. Setelah resistivitas semen konduktif telah diketahui nilainya maka dapat diterapkan pada hitungan matematis tentang pengaruh pemberian semen konduktif sebagai media penurunan resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda batang (*rod*).

#### 3.5.2 Pengukuran Resistivitas Tanah

Pengukuran resistivitas tanah menggunakan metode 4 titik dengan menggunakan "*Earth Resistance Tester*" yang rangkaiannya ditunjukkan pada Gambar 3.4. Pada pengukuran resistansi tanah besar arus yang mengalir ke tanah akan terbaca pada Amperemeter dan hasil pengukuran pada Voltmeter juga terbaca, lalu untuk mendapatkan nilai resistansi tanahnya dapat dihitung dengan memakai Persamaan:

$$\rho = \frac{4 \pi a U}{\left( 1 + \frac{2a}{\sqrt{(a^2 + 4b^2)}} - \frac{2a}{\sqrt{(4a^2 + 4b^2)}} \right) I} = \frac{4 \pi a U}{n I}$$

Persamaan ( 3-1)

dengan

a = jarak antara elektroda batang yang dimasukkan ke tanah (cm)

b = kedalaman penanaman elektroda batang (cm)

$\rho$  = resistivitas tanah (ohm-cm)

U = tegangan yang terukur pada Voltmeter (volt)

I = arus yang terukur pada Amperemeter (ampere)

n = memiliki nilai antara 1 s ampai 2 t ergantung oleh perbandingan b/a

#### 3.5.3 Pengukuran Resistansi Pembumian

Pengukuran resistansi pembumian jenis elektroda batang (tanpa dan dengan semen konduktif) untuk berbagai perubahan variabel menggunakan metode tiga titik dengan memakai alat ukur resistansi pembumian yaitu "*Earth Resistance Tester*" yang rangkaiannya ditunjukkan pada Gambar 3.3. Dan pemodelan beberapa variasi peletakan semen konduktif terhadap elektroda batang pembumian



dengan peletakan elektroda batang utama simetris terhadap luasan tanah yang digunakan sebagai variabel dalam penelitian ini, ditunjukkan pada Gambar 3.1. Variasi yang ditunjukkan akan memiliki resistansi pembumian yang mungkin akan berbeda – beda karena posisi peletakannya terhadap elektroda utama yang akan diuji.

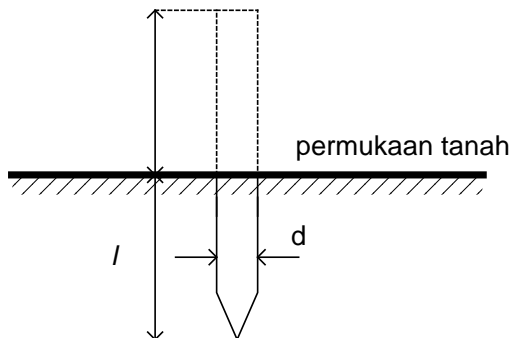
### 3.5.4 Pengukuran Resistansi Elektroda Batang

Secara teori resistansi dalam sistem pembumian adalah komposisi dari resistansi elektroda batang, resistansi kontak antara permukaan elektroda batang dan tanah disekitarnya, resistansi bagian tanah di sekitar elektroda batang pembumian. Untuk mengetahui pengaruh nilai resistansi elektroda batang terhadap resistansi pembumian pada penelitian ini, dilakukan perhitungan resistansi elektroda batang yang tegak lurus dengan tanah dapat ditentukan dengan persamaan (3-2) [6]:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \log_e \frac{4l}{d} \quad (3-2)$$

Elektroda batang terbuat dari bahan baja sepuhan tembaga

- $\rho$  (resistivitas elektroda batang)
- $l$  (panjang elektroda batang dalam tanah)
- $d$  (diameter elektroda batang)



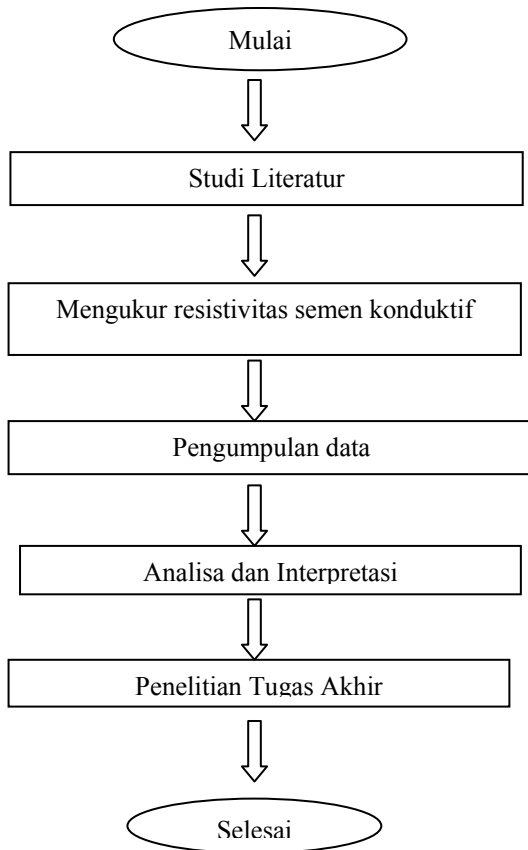
**Gambar 3.5** Elektroda batang dan bayangannya

### 3.6 Analisa Hasil pengujian

Analisa data, adalah pengolahan data yang telah dikumpulkan dengan berbagai macam metode yang diperoleh dari semua literatur yang ada. Sehingga dapat mengetahui bagaimana suatu karakteristik pengaruh pemberian semen konduktif terhadap perubahan suatu nilai dari resistansi pembumian. Sehingga dari pengujian tersebut dapat diketahui beberapa hal, yaitu:

- a. Pengaruh peletakan semen konduktif di sekitar elektroda batang.
- b. Pengaruh volume semen konduktif yang seragam dengan beberapa model variasi peletakan semen konduktif terhadap nilai resistansi pembumian.

### 3.7 Diagram



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **DATA DAN ANALISIS PENELITIAN**

Data – data yang ada dalam penelitian adalah data – data yang didapatkan dari hasil pengambilan data berupa pengukuran secara langsung baik dilapangan maupun di laboratorium. Langkah – langkah setelah memperoleh data – data tersebut adalah menganalisa, menghitung dan menginterpretasikannya. Data – data yang telah diperoleh bertujuan untuk dapat mengetahui karakteristik pengaruh pemeberian semen konduktif terhadap perubahan nilai resistansi pembedaan. Sebelum melakukan pengambilan data tersebut perlu dilakukan pengujian tentang karakteristik sifat – sifat kalistrikan semen konduktif, sehingga dari pengujian tersebut dapat dianalisis:

- a. Pengaruh peletakan semen konduktif di sekitar elektroda batang (*rod*) .
- b. Pengaruh volume semen konduktif yang seragam dengan beberapa model variasi peletakan semen konduktif terhadap nilai resistansi pembedaan.

#### **4.1 Pengukuran Kerapatan Partikel Semen Konduktif**

Dalam menentukan kerapatan suatu partikel, ukuran dari suatu partikel tersebutlah yang memengaruhi kerapatannya. Semen konduktif yang digunakan memiliki ukuran partikel yang seragam karena diproduksi secara massal oleh suatu pabrik. Dengan demikian diperoleh data analisisnya.

Data perhitungan kerapatan partikel semen konduktif, yaitu:

Ukuran partikel semen konduktif dibuat seragam  
 $r$  ( jari – jari tabung pengujian) = 1,25 cm  
 $l$  ( tinggi tabung pengujian) = 5 cm  
 $m$  ( massa semen konduktif) = 25 gram  
 $K$  (Kerapatan semen konduktif)

Dengan menggunakan Persamaan (2-3), maka kerapatannya dapat dihitung, yaitu :

$$K = \frac{m}{V}$$

$$= \frac{25}{(3,14)(1,25)^2 5}$$

$$= 1,019 \text{ gr} / \text{cm}^3$$

Jadi diperoleh kerapatan semen konduktif dari hasil pengukuran yang dilakukan adalah 1,019 gram/cm

## 4.2 Pengukuran Resistivitas Semen Konduktif

Pengukuran nilai resistansi yang dilakukan sesuai Gambar 3.2 bertujuan untuk mengetahui resistivitas semen konduktif melalui perhitungan matematis yang diambil berdasarkan nilai resistansinya. Dari pengambilan data resistansi semen konduktif, Selanjutnya digunakan Persamaan (2-2) untuk menghitung resistivitas semen konduktif.

Data resistansi semen konduktif dari hasil pengujian :

**Tabel 4.1** Hasil pengukuran resistansi semen konduktif

Resistansi	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata
Semen Konduktif	39 Ω	36 Ω	31 Ω	39Ω	38 Ω	36,6 Ω

Dari beberapa kali pengambilan sampel pengujian resistansi semen konduktif diperoleh hasil pada percobaan pertama sebesar 39 ohm, percobaan kedua 36 ohm, percobaan ketiga 31 ohm, percobaan keempat 39 ohm, percobaan kelima 38 ohm. Dan diperoleh hasil rata – rata resistansi semen konduktif sebesar 36,6 ohm. Maka nilai resistivitas semen konduktif dapat diperoleh dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

Data – data yang diperoleh untuk perhitungan resistivitas semen konduktif, yaitu:

Ukuran partikel semen konduktif dibuat seragam  
R (resistansi semen konduktif) = 36,6ohm  
l (tinggi tabung pengujian) = 5 cm  
r (jari – jari tabung pengujian) = 1,25 cm

Dengan menggunakan Persamaan (2-2), dan data yang diperoleh pada tabel 4.1 maka resistivitasnya dapat dihitung, yaitu:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{\pi r^2 \cdot R}{l} \\ &= \frac{(3,14)(1,25)^2 (36,6)}{5} \\ &= 35,91 \text{ ohm} - \text{cm}\end{aligned}$$

Jadi resistivitas semen konduktif diperoleh sebesar 35,91 ohm-cm.

#### 4.3 Pengukuran Resistansi Tanah Ketel

Pengukuran nilai resistansi tanah bertujuan untuk mengetahui nilai resistivitasnya melalui perhitungan matematis berdasarkan data hasil pengukuran resistansinya. Berikut hasil pengujian resistansi tanah diperoleh data sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Hasil pengukuran resistansi tanah ketel

Resistansi	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata- rata
Tanah	3432Ω	3434Ω	3434Ω	3442Ω	3438Ω	3436Ω

Pengambilan data nilai resistansi tanah dilakukan dengan menggunakan metode yang sama dengan metode rangkaian pengukuran resistansi semen konduktif. Ohmmeter akan menunjukkan nilai resistansinya. Maka diperoleh data resistansi tanah pada percobaan pertama sebesar 3432 ohm, percobaan kedua 3434 ohm, percobaan ketiga 3434 ohm, percobaan keempat 3442 ohm, percobaan kelima 3438 ohm, dan diperoleh resistansi tanah rata – rata sebesar 3436 ohm.

Data perhitungan tanah yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Tanah dalam kondisi kering} & \\ r \text{ (jari-jari tabung pengujian)} &= 1,25 \text{ cm} \\ l \text{ (tinggi tabung pengujian)} &= 5 \text{ cm} \\ R \text{ (resistansi tanah)} &= 3436 \text{ ohm}\end{aligned}$$

Dengan menggunakan Persamaan (2-2), maka resistivitasnya dapat dihitung, yaitu:

$$\rho = \frac{\pi r^2 \cdot R}{l}$$

$$= \frac{(3,14)(1,25)^2 (34)}{5}$$

$$= 3371,57 \text{ ohm} - \text{cm}$$

Jadi resistivitas tanah ketel hasil perhitungan adalah 3371,57 ohm-cm

#### 4.4 Pengukuran Resistansi Elektroda Batang

Secara teori resistansi dalam sistem pembumian adalah komposisi dari resistansi elektroda batang, resistansi kontak antara permukaan elektroda batang dan tanah disekitarnya, resistansi bagian tanah disekitar elektroda batang pembumian. Untuk mengetahui pengaruh nilai resistansi elektroda batang terhadap resistansi pembumian, pada penelitian ini dilakukan perhitungan resistansi elektroda batang. Resistansi elektroda batang dapat diketahui melalui perhitungan sesuai dengan Persamaan (3-1). Maka dengan demikian dapat ditentukan apakah pengaruh resistansi elektroda batang terhadap sistem pembumian yang diterapkan.

Dengan perhitungan resistansi elektroda batang, yaitu:

Elektroda batang terbuat dari bahan baja berlapis tembaga	
$\rho$ (resistivitas elektroda batang)	$= 1,6 \times 10^{-6} \text{ ohm-cm}$
$l$ (panjang elektroda batang dalam tanah)	$= 30 \text{ cm}$
$d$ (diameter elektroda batang)	$= 1,6 \text{ cm}$

Dengan menggunakan Persamaan (3-1), maka resistansinya dapat dihitung yaitu:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \log_e \frac{4l}{d}$$

$$= \frac{1,6 \times 10^{-6}}{2(3,14)(30)} \log_e \frac{4(30)}{1,6}$$

$$= 4,2463 \times 10^{-9} (69,4871)$$

$$= 295,063 \times 10^{-9} \text{ ohm}$$

Karena resistansi elektroda batang sangat kecil sekali, Maka nilai resistansi elektroda batang pada pengukuran resistansi pembumian

dapat diabaikan karena kecil sekali pengaruhnya terhadap nilai resistansi pembumian. Sedangkan kontak antara tanah dan elektroda batang pembumian pada saat penelitian dapat diabaikan karena nilai resistansinya juga sangat kecil. Dengan demikian resistansi yang paling menentukan harga resistansi sistem pembumian adalah resistansi tanah itu sendiri.

#### 4.5 Pengukuran Resistivitas Tanah Lempung

Pengukuran resistivitas tanah lempung menggunakan metode *Wenner*, metode ini adalah metode pengukuran resistivitas tanah dengan menggunakan empat buah elektroda batang pada satu garis lurus dengan jarak yang sama antar elektrodanya dapat dilihat pada Gambar 3.4. Dan hasil pengukuran tegangan dan arus masing-masing akan terbaca pada alat ukur Voltmeter dan Ampermeter, setelah didapatkan besar tegangan dan arus yang terukur maka nilai resistansi pembumian dapat dihitung menggunakan Persamaan (3-1).

Berikut data perhitungan resistivitas tanah lempung yaitu:

a(jarak antara elektroda batang yang dimasukkan ke tanah) = 600 cm

b(kedalaman penanaman elektroda batang ) = 30 cm

U(tegangan terukur pada Voltmeter) = 0,077 V

I(arus terukur pada Ampermeter) = 0,091 A

Dengan menggunakan Persamaan (3-1), maka dapat diperoleh resistivitasnya sebagai berikut :

$$\rho = \frac{4 \pi a U}{\left( 1 + \frac{2a}{\sqrt{(a^2 + 4b^2)}} - \frac{2a}{\sqrt{(4a^2 + 4b^2)}} \right) I}$$

$$= \frac{4 (3,14) (600) (0,077)}{\left( 1 + \frac{2 (600)}{\sqrt{(600^2 + 4(30)^2)}} - \frac{2 (600)}{\sqrt{(4(600)^2 + 4(30)^2)}} \right) 0,091}$$

$$\rho = 3275,16 \text{ ohm} - \text{cm}$$

Maka resistivitas tanah hasil pengukuran yaitu 3275,16 ohm-cm



#### 4.6 Pengaruh Peletakan Semen Konduktif Disekitar Elektroda Batang Terhadap Nilai Resistansi Pembumian Berdasarkan Analisa Matematis dan Hasil Pengukuran.

Untuk memperoleh data tentang pengaruh peletakan semen konduktif terhadap nilai resistansi pembumianya, maka perlu dilakukan pengukuran nilai resistansi pembumian dilapangan secara langsung. Pengukuran ini dilakukan dengan tujuan untuk sebagai perbandingan dengan analisa matematis yang telah dilakukan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut *Earth Resistance Tester* menggunakan rangkaian sesuai dengan Gambar 3.3. Dengan berbagai macam jenis peletakan untuk menentukan posisi yang paling efektif ditunjukkan pada Gambar 3.1 , setelah menemukan posisi yang paling efektif barulah dibandingkan dengan analisa matematisnya. Dalam pengujian ini yang digunakan sebagai obyek penelitian adalah tanah disekitar kampus Elektro ITS.

**Tabel 4.3** Hasil pengukuran resistansi pembumian dalam medium tanah dengan komposisi 50% volume semen konduktif 50% volume tanah

Kondisi Tanah	Re (Ohm)
1. Sebelum Pemberian semen Konduktif	49
2. Setelah pemberian semen konduktif, dengan peletakan semen pada:	
-Posisi 1	18,3
-Posisi 2	20,5
-Posisi 3	35
-Posisi 4	23,3
-Posisi 5	28,3

Keterangan: Re = resistansi pembumian (Ohm)

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pembumian yang ditunjukkan pada Tabel 4.3, maka terlihat bahwa pemberian semen konduktif yang diletakan dalam berbagai posisi dapat menurunkan nilai resistansi tanah yang semula 49 ohm, menjadi jauh dibawah 49 ohm.

Tabel 4.3 juga menuntukan bahwa pengaruh peletakan semen konduktif yang paling tidak efektif adalah posisi 3 karena penurunannya tidak terlalu signifikan. Namun posisi peletakan yang paling efektif adalah pada posisi satu dan posisi dua, maka posisi satu dan posisi dua akan dilakukan analisa juga secara matematis untuk membandingkan hasil keakuratan yang diperoleh. Dan ini menunjukan bahwa pengkondisian tanah buatan sebagai media pembumian juga efektif untuk menurunkan resistansi tanah yang tinggi.

Kemudian berdasarkan Persamaan (2-2) dapat diketahui nilai resistansi pembumiannya melalui analisis matematis sebagai berikut, jika:

$$R_s = \frac{\rho_s \cdot l_s}{2\pi \cdot r_s \cdot h_s}$$

$$R_{TK} = \frac{\rho_{TK} \cdot l_{TK}}{2\pi \cdot r_{TK} \cdot h_{TK}}$$

$$R_{TL} = \frac{\rho_{TL} \cdot l_{TL}}{2\pi \cdot r_{TL}^2}$$

dengan:

$R_e$	= resistansi pembumian (ohm)
$R_s$	= resistansi semen konduktif (ohm)
$R_{TK}$	= resistansi tanah katel (ohm)
$R_{TL}$	= resistansi tanah lempung (ohm)
$\rho_s$	= resistivitas semen konduktif (ohm-cm)
$\rho_{TK}$	= resistivitas tanah katel (ohm-cm)
$\rho_{TL}$	= resistivitas tanah lempung (ohm-cm)
$l_s$	= tebal lapisan semen konduktif (cm)
$l_{TK}$	= tebal lapisan tanah katel (cm)
$l_{TL}$	= tebal lapisan tanah lempung (cm)
$r_s$	= jari-jari lapisan semen konduktif (cm)
$r_{TK}$	= jari-jari lapisan tanah katel (cm)
$r_{TL}$	= jari-jari lapisan tanah lempung (cm)
$h_s$	= kedalaman penanaman elektroda batang pada lapisan semen konduktif (cm)
$h_{TK}$	= kedalaman penanaman elektroda batang pada lapisan tanah katel (cm)

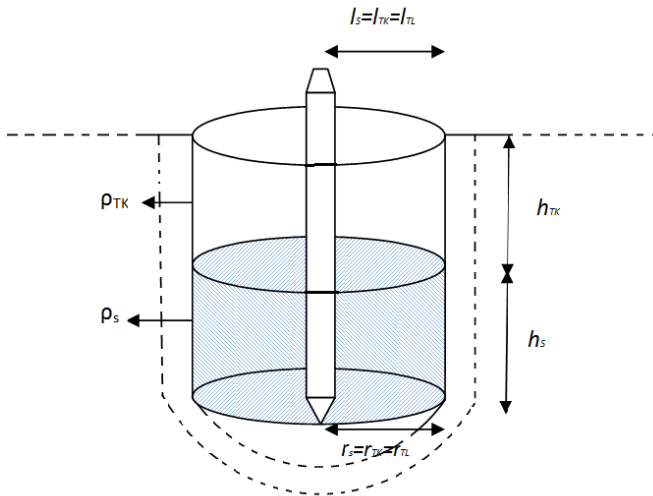
Nilai resistivitas pada masing – masing lapisan telah diketahui dari hasil pengukuran sebelumnya yang telah dilakukan dan diperoleh data, yaitu:

$$\rho_s = 35,91 \text{ ohm-cm}$$

$$\rho_{TK} = 3371,57 \text{ ohm-cm}$$

$$\rho_{TL} = 3275,16 \text{ ohm-cm}$$

#### 4.6.1 Model Peletakan Semen Konduktif Pada Posisi 1



**Gambar 4.1** Model Peletakan Semen Konduktif pada Posisi 1

dengan:

$$l_s = l_{TK} = l_{TL} = 15 \text{ cm}$$

$$r_s = r_{TK} = r_{TL} = 15 \text{ cm}$$

$$h_s = h_{TK} = 15 \text{ cm}$$

maka :

$$R_{TK} = \frac{(3371,57) \cdot (15)}{(6,28) \cdot (15) \cdot (15)} = 35,79 \text{ ohm}$$

$$R_s = \frac{(35,91) \cdot (15)}{(6,28) \cdot (15) \cdot (15)} = 0,38 \text{ ohm}$$

$$R_{TL} = \frac{(3275,16) \cdot (15)}{(6,28) \cdot (15)^2} = 34,768 \text{ ohm}$$

$$R_N = R_s // R_{TK} // R_{TL} = 0,371 \text{ ohm}$$

Berdasarkan Gambar 4.1 hasil perhitungan nilai resistansi pembumian untuk tiap lapisan dapat dilihat pada Tabel 4.4 yang perhitungan lengkapnya ditunjukkan pada Lampiran 1 sebagai hasil yang telah diperoleh.

**Tabel 4.4** Hasil perhitungan nilai resistansi pembumian dengan model peletakan semen konduktif pada posisi 1 untuk setiap lapisan ( $l = 3 \text{ cm}$ )

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
1	3	0,376376	0,376376
2	6	0,187782	0,564158
3	9	0,124918	0,689075
4	12	0,093487	0,782562
5	15	0,074629	0,857191
6	18	1,810841	2,668032
7	21	1,460847	4,128879
8	24	1,207228	5,336107
9	27	1,016613	6,352719
10	30	0,869204	7,221923
11	33	0,752557	7,974481
12	36	0,658488	8,632968
13	39	0,581407	9,214376
14	42	0,517383	9,731759
15	45	0,463575	10,19533
16	48	0,417886	10,61322
17	51	0,378738	10,99196
18	54	0,344922	11,33688
19	57	0,3155	11,65238
20	60	0,289735	11,94212
21	63	0,267037	12,20915
22	66	0,246933	12,45609
23	69	0,229039	12,68512
24	72	0,21304	12,89816
25	75	0,198675	13,09684
26	78	0,185727	13,28257
27	81	0,174015	13,45658
28	84	0,163384	13,61997

Lanjutan **Tabel 4.4**

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
29	87	0,153705	13,77367
30	90	0,144867	13,91854
31	93	0,136775	14,05531
32	96	0,129346	14,18466
33	99	0,122509	14,30717
34	102	0,116204	14,42337
35	105	0,110375	14,53375
36	108	0,104976	14,63872
37	111	0,099966	14,73869
38	114	0,095307	14,834
39	117	0,090968	14,92497
40	120	0,08692	15,01189
41	123	0,083138	15,09502
42	126	0,079597	15,17462
43	129	0,076279	15,2509
44	132	0,073165	15,32407
45	135	0,070239	15,3943
46	138	0,067485	15,46179
47	141	0,06489	15,52668
48	144	0,062443	15,58912
49	147	0,060132	15,64925
50	150	0,057947	15,7072
51	153	0,055879	15,76308
52	156	0,053921	15,817
53	159	0,052064	15,86906
54	162	0,050301	15,91937
55	165	0,048627	15,96799
56	168	0,047035	16,01503
57	171	0,04552	16,06055
58	174	0,044077	16,10462
59	177	0,042702	16,14733
60	180	0,041391	16,18872

Lanjutan **Tabel 4.4**

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
61	183	0,040139	16,22886
62	186	0,038943	16,2678
63	189	0,0378	16,3056
64	192	0,036706	16,34231
65	195	0,03566	16,37796
66	198	0,034657	16,41262
67	201	0,033697	16,44632
68	204	0,032775	16,47909
69	207	0,031892	16,51099
70	210	0,031043	16,54203
71	213	0,030228	16,57226
72	216	0,029445	16,6017
73	219	0,028691	16,63039
74	222	0,027967	16,65836
75	225	0,027269	16,68563
76	228	0,026597	16,71223
77	231	0,02595	16,73818
78	234	0,025326	16,7635
79	237	0,024725	16,78823
80	240	0,024145	16,81237
81	243	0,023584	16,83596
82	246	0,023044	16,859
83	249	0,022521	16,88152
84	252	0,022016	16,90354
85	255	0,021528	16,92507
86	258	0,021056	16,94612
87	261	0,0206	16,96672
88	264	0,020158	16,98688
89	267	0,01973	17,00661
90	270	0,019316	17,02593
91	273	0,018914	17,04484
92	276	0,018525	17,06336
93	279	0,018148	17,08151
94	282	0,017782	17,09929
95	285	0,017428	17,11672

Lanjutan **Tabel 4.4**

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
96	288	0,017083	17,13381
97	291	0,016749	17,15056
98	294	0,016425	17,16698
99	297	0,01611	17,18309
100	300	0,015804	17,19889
101	303	0,015506	17,2144
102	306	0,015217	17,22962
103	309	0,014936	17,24455
104	312	0,014663	17,25922
105	315	0,014397	17,27361
106	318	0,014138	17,28775
107	321	0,013886	17,30164
108	324	0,013641	17,31528
109	327	0,013402	17,32868
110	330	0,01317	17,34185
111	333	0,012943	17,35479
112	336	0,012723	17,36752
113	339	0,012507	17,38002
114	342	0,012298	17,39232
115	345	0,012093	17,40441
116	348	0,011894	17,41631
117	351	0,011699	17,42801
118	354	0,01151	17,43952
119	357	0,011324	17,45084
120	360	0,011144	17,46198
121	363	0,010967	17,47295
122	366	0,010795	17,48375
123	369	0,010627	17,49437
124	372	0,010462	17,50484
125	375	0,010302	17,51514
126	378	0,010145	17,52528
127	381	0,009991	17,53527
128	384	0,009842	17,54512
129	387	0,009695	17,55481
130	390	0,009552	17,56436

Lanjutan **Tabel 4.4**

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
131	393	0,009412	17,57377
132	396	0,009274	17,58305
133	399	0,00914	17,59219
134	402	0,009009	17,6012
135	405	0,008881	17,61008
136	408	0,008755	17,61883
137	411	0,008632	17,62747
138	414	0,008512	17,63598
139	417	0,008394	17,64437
140	420	0,008278	17,65265
141	423	0,008165	17,66081
142	426	0,008054	17,66887
143	429	0,007946	17,67681
144	432	0,007839	17,68465
145	435	0,007735	17,69239
146	438	0,007633	17,70002
147	441	0,007532	17,70755
148	444	0,007434	17,71499
149	447	0,007338	17,72232
150	450	0,007243	17,72957
151	453	0,007151	17,73672
152	456	0,00706	17,74378
153	459	0,006971	17,75075
154	462	0,006883	17,75763
155	465	0,006797	17,76443
156	468	0,006713	17,77114
157	471	0,00663	17,77777
158	474	0,006549	17,78432
159	477	0,006469	17,79079
160	480	0,006391	17,79718



Lanjutan **Tabel 4.4**

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
161	483	0,006314	17,8035
162	486	0,006239	17,80974
163	489	0,006165	17,8159
164	492	0,006092	17,82199
165	495	0,00602	17,82801
166	498	0,00595	17,83396
167	501	0,005881	17,83984
168	504	0,005813	17,84566
169	507	0,005747	17,8514
170	510	0,005681	17,85709
171	513	0,005617	17,8627
172	516	0,005553	17,86826
173	519	0,005491	17,87375
174	522	0,00543	17,87918
175	525	0,00537	17,88455
176	528	0,00531	17,88986
177	531	0,005252	17,89511
178	534	0,005195	17,9003
179	537	0,005139	17,90544
180	540	0,005083	17,91052
181	543	0,005029	17,91555
182	546	0,004975	17,92053
183	549	0,004922	17,92545
184	552	0,00487	17,93032
185	555	0,004819	17,93514
186	558	0,004769	17,93991
187	561	0,004719	17,94463
188	564	0,00467	17,9493
189	567	0,004622	17,95392

Lanjutan **Tabel 4.4**

n	r (cm)	R <sub>n</sub> (ohm)	Re (ohm)
190	570	0,004575	17,95849
191	573	0,004528	17,96302
192	576	0,004482	17,9675
193	579	0,004437	17,97194
194	582	0,004393	17,97633
195	585	0,004349	17,98068
196	588	0,004306	17,98499
197	591	0,004263	17,98925
198	594	0,004221	17,99347
199	597	0,00418	17,99765
200	600	0,004139	18,00179

Keterangan:

n = lapisan tanah ke-  
= 1, 2, 3, 4....dst

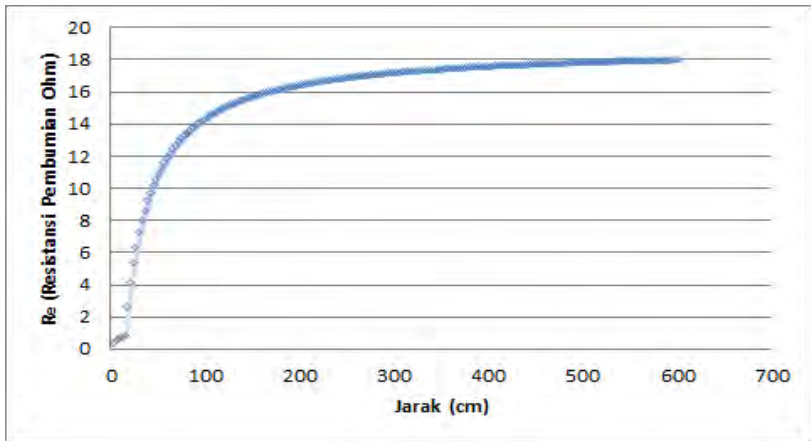
R<sub>n</sub> = resistansi tanah pada lapisan ke-n (ohm)

R<sub>e</sub> = resistansi pembumian (ohm)

$$R_e = \sum_1^n R_n$$

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai resistansi pada setiap lapisan tanah yang tebal lapisannya sama dilakukan hingga lapisan ke 200, karena pada lapisan tanah tersebut selisih nilai resistansi pembumian terkecil antar lapisan tanah yaitu mencapai 0,000041 ohm. Terlihat bahwa resistansi setiap tebal lapisan tanah berbeda-beda. Resistansi pembumian untuk setiap lapisan tanah memiliki kecenderungan nilainya semakin kecil.

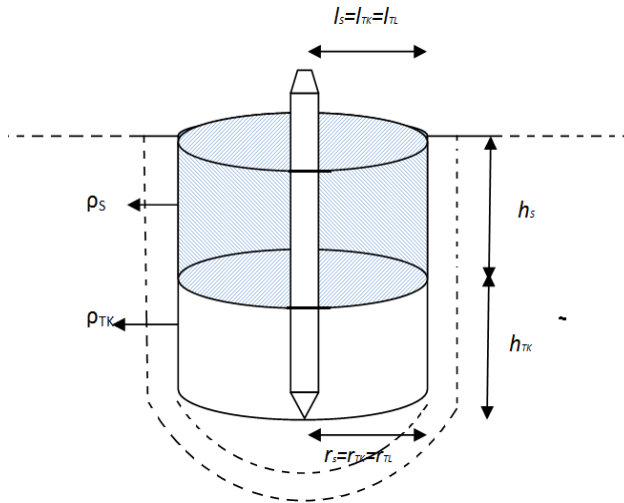
Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dibuat gambar grafik fungsi resistansi pembumian terhadap jarak pada setiap tebal lapisan tanah yang sama.



**Gambar 4.2** Grafik fungsi resistansi pembumian terhadap jarak pada setiap tebal lapisan tanah yang sesuai dengan model peletakan semen konduktif pada posisi 1

Nilai resistansi tanah akan terus naik hingga pada nilai tertentu nilai resistansi tanah tidak mengalami perubahan dan memiliki nilai yang cenderung tetap, hal ini berarti nilai resistansi pembumian mengalami titik jenuh. Jarak pada titik itu disebut sebagai jari-jari efektif. Dan saat lapisan ke dua ratus berjarak 600 cm dari elektroda batang utama tanah yang telah diberi *treatment* mempunyai nilai resistansi pembumian sebesar 18,00179 Ohm. Karena pada jarak 600 cm resistansi tanah mulai jenuh dan menunjukkan nilai yang konstan. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa nilai tersebut adalah nilai dari resistansi pembumian.

#### 4.6.2 Model Peletakan Semen Konduktif Pada Posisi 2



**Gambar 4.3** Model Peletakan Semen Konduktif pada Posisi 2

dengan:

$$l_s = l_{TK} = l_{TL} = 15 \text{ cm}$$

$$r_s = r_{TK} = r_{TL} = 15 \text{ cm}$$

$$h_s = h_{TK} = 15 \text{ cm}$$

maka :

$$R_{TK} = \frac{(3371,57) \cdot (15)}{(6,28) \cdot (15) \cdot (15)} = 35,79 \text{ ohm}$$

$$R_s = \frac{(35,91) \cdot (15)}{(6,28) \cdot (15) \cdot (15)} = 0,38 \text{ ohm}$$

$$R_{TL} = \frac{(3275,16) \cdot (15)}{(6,28) \cdot (15)^2} = 34,768 \text{ ohm}$$

$$R_N = R_s // R_{TK} // R_{TL} = 0,371 \text{ ohm}$$

Berdasarkan Gambar 4.3 hasil perhitungan nilai resistansi pembumian untuk tiap lapisan dapat dilihat pada Tabel 4.5 yang perhitungan lengkapnya ditunjukkan pada Lampiran 1.

**Tabel 4.5** Hasil perhitungan nilai resistansi pembumian dengan model peletakan semen konduktif pada posisi 2 untuk setiap lapisan ( $l = 3 \text{ cm}$ )

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
1	3	0,376376	0,376376
2	6	0,187782	0,564158
3	9	0,124918	0,689075
4	12	0,093487	0,782562
5	15	0,074629	0,857191
6	18	1,810841	2,668032
7	21	1,460847	4,128879
8	24	1,207228	5,336107
9	27	1,016613	6,352719
10	30	0,869204	7,221923
11	33	0,752557	7,974481
12	36	0,658488	8,632968
13	39	0,581407	9,214376
14	42	0,517383	9,731759
15	45	0,463575	10,19533
16	48	0,417886	10,61322
17	51	0,378738	10,99196
18	54	0,344922	11,33688
19	57	0,3155	11,65238
20	60	0,289735	11,94212
21	63	0,267037	12,20915
22	66	0,246933	12,45609
23	69	0,229039	12,68512
24	72	0,21304	12,89816
25	75	0,198675	13,09684
26	78	0,185727	13,28257
27	81	0,174015	13,45658
28	84	0,163384	13,61997

Laniutan **Tabel 4.5**

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
29	87	0,153705	13,77367
30	90	0,144867	13,91854
31	93	0,136775	14,05531
32	96	0,129346	14,18466
33	99	0,122509	14,30717
34	102	0,116204	14,42337
35	105	0,110375	14,53375
36	108	0,104976	14,63872
37	111	0,099966	14,73869
38	114	0,095307	14,834
39	117	0,090968	14,92497
40	120	0,08692	15,01189
41	123	0,083138	15,09502
42	126	0,079597	15,17462
43	129	0,076279	15,2509
44	132	0,073165	15,32407
45	135	0,070239	15,3943
46	138	0,067485	15,46179
47	141	0,06489	15,52668
48	144	0,062443	15,58912
49	147	0,060132	15,64925
50	150	0,057947	15,7072
51	153	0,055879	15,76308
52	156	0,053921	15,817
53	159	0,052064	15,86906
54	162	0,050301	15,91937
55	165	0,048627	15,96799
56	168	0,047035	16,01503
57	171	0,04552	16,06055
58	174	0,044077	16,10462
59	177	0,042702	16,14733
60	180	0,041391	16,18872

Lanjutan **Tabel 4.5**

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
61	183	0,040139	16,22886
62	186	0,038943	16,2678
63	189	0,0378	16,3056
64	192	0,036706	16,34231
65	195	0,03566	16,37796
66	198	0,034657	16,41262
67	201	0,033697	16,44632
68	204	0,032775	16,47909
69	207	0,031892	16,51099
70	210	0,031043	16,54203
71	213	0,030228	16,57226
72	216	0,029445	16,6017
73	219	0,028691	16,63039
74	222	0,027967	16,65836
75	225	0,027269	16,68563
76	228	0,026597	16,71223
77	231	0,02595	16,73818
78	234	0,025326	16,7635
79	237	0,024725	16,78823
80	240	0,024145	16,81237
81	243	0,023584	16,83596
82	246	0,023044	16,859
83	249	0,022521	16,88152
84	252	0,022016	16,90354
85	255	0,021528	16,92507
86	258	0,021056	16,94612
87	261	0,0206	16,96672
88	264	0,020158	16,98688
89	267	0,01973	17,00661
90	270	0,019316	17,02593
91	273	0,018914	17,04484
92	276	0,018525	17,06336
93	279	0,018148	17,08151
94	282	0,017782	17,09929
95	285	0,017428	17,11672

Lanjutan **Tabel 4.5**

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
96	288	0,017083	17,13381
97	291	0,016749	17,15056
98	294	0,016425	17,16698
99	297	0,01611	17,18309
100	300	0,015804	17,19889
101	303	0,015506	17,2144
102	306	0,015217	17,22962
103	309	0,014936	17,24455
104	312	0,014663	17,25922
105	315	0,014397	17,27361
106	318	0,014138	17,28775
107	321	0,013886	17,30164
108	324	0,013641	17,31528
109	327	0,013402	17,32868
110	330	0,01317	17,34185
111	333	0,012943	17,35479
112	336	0,012723	17,36752
113	339	0,012507	17,38002
114	342	0,012298	17,39232
115	345	0,012093	17,40441
116	348	0,011894	17,41631
117	351	0,011699	17,42801
118	354	0,01151	17,43952
119	357	0,011324	17,45084
120	360	0,011144	17,46198
121	363	0,010967	17,47295
122	366	0,010795	17,48375
123	369	0,010627	17,49437
124	372	0,010462	17,50484
125	375	0,010302	17,51514
126	378	0,010145	17,52528
127	381	0,009991	17,53527
128	384	0,009842	17,54512
129	387	0,009695	17,55481
130	390	0,009552	17,56436



Laniutan **Tabel 4.5**

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
131	393	0,009412	17,57377
132	396	0,009274	17,58305
133	399	0,00914	17,59219
134	402	0,009009	17,6012
135	405	0,008881	17,61008
136	408	0,008755	17,61883
137	411	0,008632	17,62747
138	414	0,008512	17,63598
139	417	0,008394	17,64437
140	420	0,008278	17,65265
141	423	0,008165	17,66081
142	426	0,008054	17,66887
143	429	0,007946	17,67681
144	432	0,007839	17,68465
145	435	0,007735	17,69239
146	438	0,007633	17,70002
147	441	0,007532	17,70755
148	444	0,007434	17,71499
149	447	0,007338	17,72232
150	450	0,007243	17,72957
151	453	0,007151	17,73672
152	456	0,00706	17,74378
153	459	0,006971	17,75075
154	462	0,006883	17,75763
155	465	0,006797	17,76443
156	468	0,006713	17,77114
157	471	0,00663	17,77777
158	474	0,006549	17,78432
159	477	0,006469	17,79079
160	480	0,006391	17,79718

Laniutan **Tabel 4.5**

n	r (cm)	Rn (ohm)	Re (ohm)
161	483	0,006314	17,8035
162	486	0,006239	17,80974
163	489	0,006165	17,8159
164	492	0,006092	17,82199
165	495	0,00602	17,82801
166	498	0,00595	17,83396
167	501	0,005881	17,83984
168	504	0,005813	17,84566
169	507	0,005747	17,8514
170	510	0,005681	17,85709
171	513	0,005617	17,8627
172	516	0,005553	17,86826
173	519	0,005491	17,87375
174	522	0,00543	17,87918
175	525	0,00537	17,88455
176	528	0,00531	17,88986
177	531	0,005252	17,89511
178	534	0,005195	17,9003
179	537	0,005139	17,90544
180	540	0,005083	17,91052
181	543	0,005029	17,91555
182	546	0,004975	17,92053
183	549	0,004922	17,92545
184	552	0,00487	17,93032
185	555	0,004819	17,93514
186	558	0,004769	17,93991
187	561	0,004719	17,94463
188	564	0,00467	17,9493
189	567	0,004622	17,95392

Lanjutan **Tabel 4.5**

n	r (cm)	R <sub>n</sub> (ohm)	R <sub>e</sub> (ohm)
190	570	0,004575	17,95849
191	573	0,004528	17,96302
192	576	0,004482	17,9675
193	579	0,004437	17,97194
194	582	0,004393	17,97633
195	585	0,004349	17,98068
196	588	0,004306	17,98499
197	591	0,004263	17,98925
198	594	0,004221	17,99347
199	597	0,00418	17,99765
200	600	0,004139	18,00179

Keterangan:

n = lapisan tanah ke-  
= 1, 2, 3, 4...dst

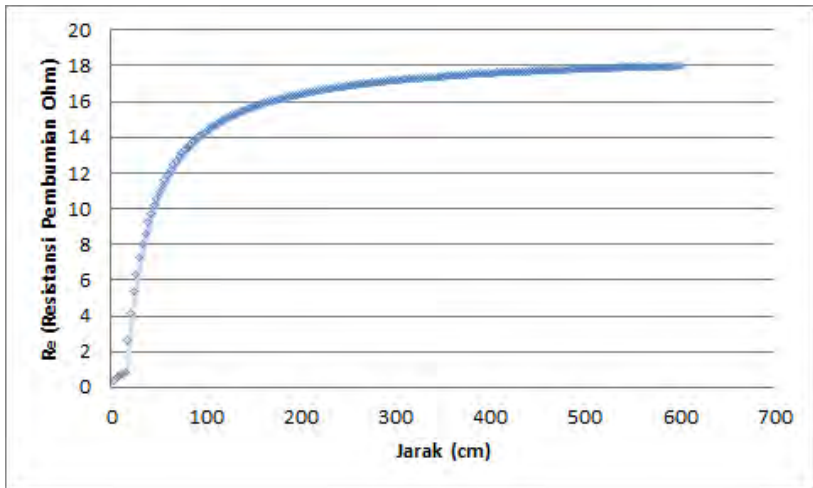
R<sub>n</sub> = resistansi tanah pada lapisan ke-n (ohm)

R<sub>e</sub> = resistansi pembumian (ohm)

$$R_e = \sum_1^n R_n$$

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa nilai resistansi pada setiap lapisan tanah yang tebal lapisannya sama dilakukan hingga lapisan ke 200, karena pada lapisan tanah tersebut selisih nilai resistansi pembumian terkecil antar lapisan tanah yaitu mencapai 0,000041 ohm. Terlihat bahwa resistansi setiap tebal lapisan tanah berbeda-beda. Resistansi pembumian untuk setiap lapisan tanah memiliki kecenderungan nilainya semakin kecil.

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dibuat gambar grafik fungsi resistansi pembumian terhadap jarak pada setiap tebal lapisan tanah yang sama.



**Gambar 4.4** Grafik fungsi resistansi pembumian terhadap jarak pada setiap tebal lapisan tanah yang sesuai dengan model peletakan semen konduktif pada posisi 2

Nilai resistansi tanah akan terus naik hingga pada nilai tertentu nilai resistansi tanah tidak mengalami perubahan dan memiliki nilai yang cenderung tetap, hal ini berarti nilai resistansi pembumian mengalami titik jenuh. Jarak pada titik itu disebut sebagai jari-jari efektif. Dan saat lapisan ke dua ratus berjarak 600 c m dari elektroda batang utama mempunyai nilai resistansi pembumian sebesar 18,00179 Ohm.

Bersasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa model peletakan posisi satu dan posisi dua lah yang paling efektif, maka selanjutnya telah dianalisa secara matematik dan diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Perbandingan nilai resistansi pembumian antara hasil pengukuran dengan dengan analisa matematik

Model Peletakan Semen Konduktif	$R_e$ hasil pengukuran (ohm)	$R_e$ hasil analisa matematis (ohm)
Posisi 1	18,3	18,0017
Posisi 2	20,5	18,0017

Dari Tabel 4.6 terlihat bahwa prosentase kesalahan model peletakan semen konduktif pada posisi satu lebih kecil dibandingkan model peletakan semen konduktif pada posisi dua. Terbukti setelah dilakukan analisis melalui dua pendekatan yaitu secara matematik dan pengukuran secara langsung, dapat diketahui bahwa peletakan semen konduktif pada tanah dengan posisi satu mempunyai nilai resistansi pembumian yang paling kecil.

#### 4.7 Persebaran Medan Terhadap Peletakan Semen Konduktif Disekitar Kombinasi Elektroda Jaring dan Elektroda Batang Terhadap Nilai Resistansi Pembumian Berdasarkan Analisa Simulasi Pada *Software* dan Hasil Pengukuran.

Sama dengan pengujian sebelumnya alat ukur resistansi pembumian menggunakan *Earth Resistance Tester*, dengan menggunakan metode yang sama yaitu metode tiga titik. Namun pada pengujian kali ini bukan membandingkan besar resistansi pembumian melainkan melihat persebaran medan yang ditimbulkan. Dengan data yang diperoleh dari pengujian langsung.

Data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.7** Hasil pengukuran resistansi tanah disekitar elektroda batang dan jaring

Model Peletakan Semen Konduktif	R <sub>e</sub> hasil pengukuran (ohm)
Posisi 1	25,7
Posisi 2	24,3

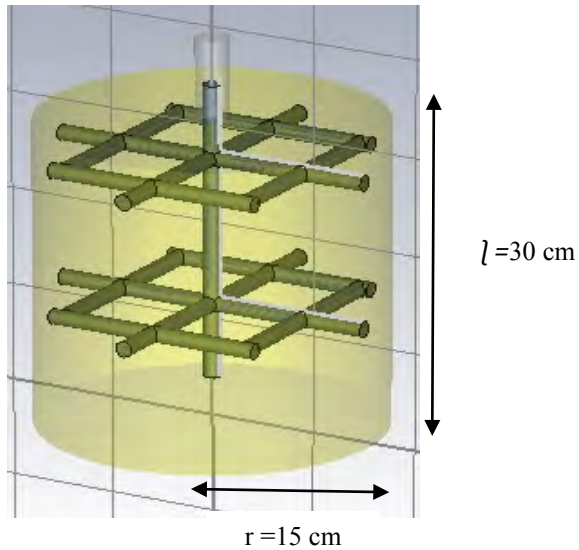
#### 4.8 Mengetahui Persebaran Medan dengan Menggunakan Perangkat Lunak

Untuk melakukan simulasi dengan perangkat lunak maka ada beberapa komponen yang harus dipenuhi maka harus dapat dipergunakan persamaan (2-1)

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$$

- R = nilai resistansi hasil pengukuran (ohm)
- l = tinggi semen konduktif dalam tabung ukur (cm)
- A = luas penampang tabung ukur (cm<sup>2</sup>)
- σ = conductivity (S/cm)
- ρ = Resistivitas (ohm-cm)

#### 4.8.1 Model Peletakan Posisi 1 Dengan Elektroda Gabungan



**Gambar 4.5** Model Peletakan Posisi 1 Dengan Kombinasi Elektroda Batang dan Jaring

$$R_e = 25,7 \text{ ohm}$$

$$\rho = \frac{R \cdot 2\pi \cdot r^2}{l}$$

$$\rho = \frac{(25,7) \cdot 2(3,14) \cdot (15)^2}{30}$$

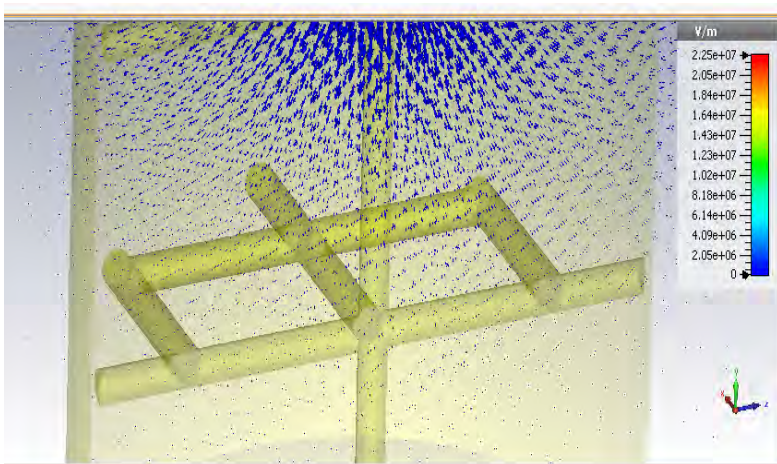
$$\rho = 1210,47 \text{ } \Omega\text{-cm}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$\sigma = \frac{1}{1210,47}$$

$$\sigma = 8,261 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$$

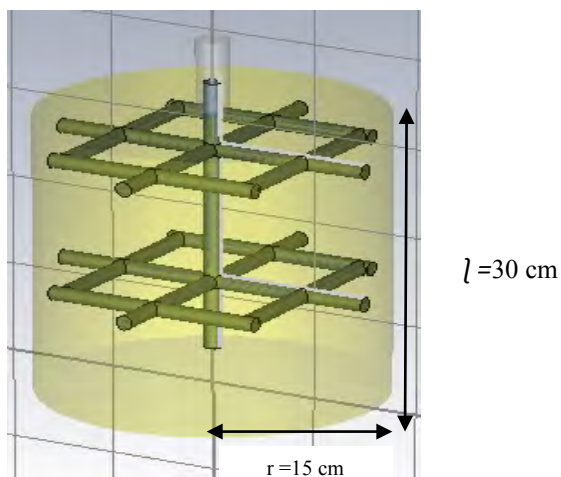
Setelah komponen terpenuhi maka program dapat di jalankan dan diperoleh bahwa persebaran medannya sebagai berikut :



**Gambar 4.6** Model Persebaran Medan Pada Kombinasi Elektroda Batang dan Jaring

Dari gambar hasil simulasi diatas dapat diketahui bahwa persebaran medannya merata terlihat bahwa gambar panah berwarna biru menunjukan hal tersebut.

#### 4.8.2 Model Peletakan Posisi 2 Dengan Elektroda Gabungan



**Gambar 4.7** Model Peletakan Posisi 1 Dengan Kombinasi Elektroda Batang dan Jaring

$$R_e = 24,3 \text{ ohm}$$

$$\rho = \frac{R \cdot 2\pi \cdot r^2}{l}$$

$$\rho = \frac{(24,3) \cdot 2(3,14) \cdot (15)^2}{30}$$

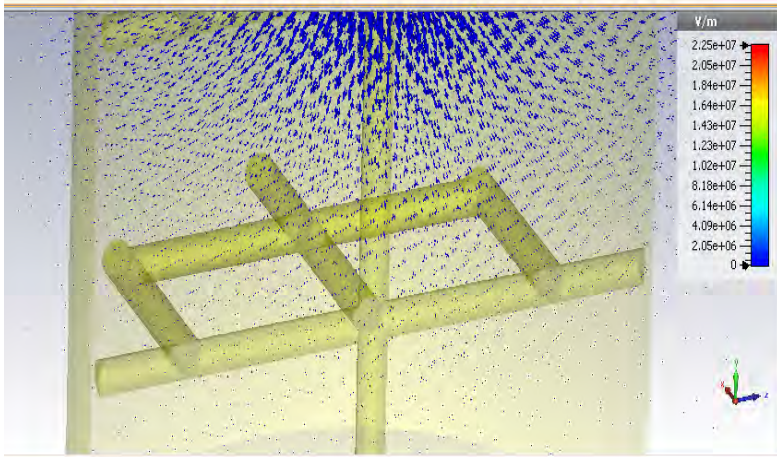
$$\rho = 1144,53 \text{ } \Omega\text{-cm}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$\sigma = \frac{1}{1144,53}$$

$$\sigma = 8,737 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$$

Sama seperti pada posisi 1, setelah komponen terpenuhi maka program dapat di jalankan dan diperoleh bahwa persebaran medannya sebagai berikut :



**Gambar 4.8** Model Persebaran Medan Pada Kombinasi Elektroda Batang dan Jaring

Dari gambar hasil simulasi diatas dapat diketahui bahwa persebaran medannya merata dan tidak jauh berbeda dengan posisi 1, ini dikarenakan resistansi pembumiannya juga tidak jauh berbeda bahkan hampir identik. Persebaran medan terlihat merata dari atas sampai bawah elektroda yang dapat dilihat dari warna biru yang menyebar secara rata.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh dari studi tentang pemanfaatan semen konduktif sebagai media pembumian elektroda batang adalah sebagai berikut :

1. Posisi peletakan semen konduktif dalam tanah memiliki pengaruh yang sangat besar dalam memperkecil nilai resistansi pembumian. Diantara kelima model posisi peletakan semen konduktif dalam tanah, dapat diketahui bahwa semen konduktif yang diletakkan konsentris bersama elektroda batang memiliki nilai resistansi pembumian yang paling kecil, yaitu posisi 1 dengan hasil pengujian secara langsung sebesar 18,3 ohm, dan hasil analisa matematik sebesar 18,00179 ohm dari nilai resistansi pembumian sebelum pemberian semen konduktif, yaitu 49 ohm.
2. Pengaruh kerapatan material yang terkandung dalam tanah juga sangat mempengaruhi penurunan resistansi pembumian. Terbukti dalam dua metode penanaman elektroda yang berbeda dengan peletakan posisi yang sama, penurunan resistansi pembumian dengan elektroda batang lebih kecil dibandingkan kombinasi elektroda batang dan jaring. Ini dikarenakan saat pemasangan atau saat pengujian masih terdapat rongga antara kombinasi elektroda batang dan jaring terhadap tanah.
3. Posisi peletakan semen konduktif juga mempengaruhi penurunan resistansi pembumian.

#### **5.2 Saran**

Untuk dapat menurunkan resistansi pembumian secara efisien banyak faktor yang mempengaruhinya, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain adalah waktu, tempat, kondisi lingkungan serta perlakuan yang tepat saat pengambilan data. Secara teori yang sebenarnya, resistansi pembumian yang baik nilainya dibawah dari 1 ohm, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut berupa analisis ekonomis mengenai implementasi pembumian yang memanfaatkan semen konduktif untuk memperkecil nilai resistansi pembumian agar dapat memperoleh nilai resistansi pembumian dibawah 1 ohm.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# LAMPIRAN 1

## Hasil perhitungan matematik

Kategori		Sub-kategori		Detail		Tipe		Status		Catatan	
A	1	1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
B	2	2.1	2.1.1	2.1.1.1	2.1.1.1.1	2.1.1.1.1.1	2.1.1.1.1.1.1	2.1.1.1.1.1.1.1	2.1.1.1.1.1.1.1.1	2.1.1.1.1.1.1.1.1.1	2.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
C	3	3.1	3.1.1	3.1.1.1	3.1.1.1.1	3.1.1.1.1.1	3.1.1.1.1.1.1	3.1.1.1.1.1.1.1	3.1.1.1.1.1.1.1.1	3.1.1.1.1.1.1.1.1.1	3.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
D	4	4.1	4.1.1	4.1.1.1	4.1.1.1.1	4.1.1.1.1.1	4.1.1.1.1.1.1	4.1.1.1.1.1.1.1	4.1.1.1.1.1.1.1.1	4.1.1.1.1.1.1.1.1.1	4.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
E	5	5.1	5.1.1	5.1.1.1	5.1.1.1.1	5.1.1.1.1.1	5.1.1.1.1.1.1	5.1.1.1.1.1.1.1	5.1.1.1.1.1.1.1.1	5.1.1.1.1.1.1.1.1.1	5.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
F	6	6.1	6.1.1	6.1.1.1	6.1.1.1.1	6.1.1.1.1.1	6.1.1.1.1.1.1	6.1.1.1.1.1.1.1	6.1.1.1.1.1.1.1.1	6.1.1.1.1.1.1.1.1.1	6.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
G	7	7.1	7.1.1	7.1.1.1	7.1.1.1.1	7.1.1.1.1.1	7.1.1.1.1.1.1	7.1.1.1.1.1.1.1	7.1.1.1.1.1.1.1.1	7.1.1.1.1.1.1.1.1.1	7.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
H	8	8.1	8.1.1	8.1.1.1	8.1.1.1.1	8.1.1.1.1.1	8.1.1.1.1.1.1	8.1.1.1.1.1.1.1	8.1.1.1.1.1.1.1.1	8.1.1.1.1.1.1.1.1.1	8.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
I	9	9.1	9.1.1	9.1.1.1	9.1.1.1.1	9.1.1.1.1.1	9.1.1.1.1.1.1	9.1.1.1.1.1.1.1	9.1.1.1.1.1.1.1.1	9.1.1.1.1.1.1.1.1.1	9.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
J	10	10.1	10.1.1	10.1.1.1	10.1.1.1.1	10.1.1.1.1.1	10.1.1.1.1.1.1	10.1.1.1.1.1.1.1	10.1.1.1.1.1.1.1.1	10.1.1.1.1.1.1.1.1.1	10.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
K	11	11.1	11.1.1	11.1.1.1	11.1.1.1.1	11.1.1.1.1.1	11.1.1.1.1.1.1	11.1.1.1.1.1.1.1	11.1.1.1.1.1.1.1.1	11.1.1.1.1.1.1.1.1.1	11.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
L	12	12.1	12.1.1	12.1.1.1	12.1.1.1.1	12.1.1.1.1.1	12.1.1.1.1.1.1	12.1.1.1.1.1.1.1	12.1.1.1.1.1.1.1.1	12.1.1.1.1.1.1.1.1.1	12.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
M	13	13.1	13.1.1	13.1.1.1	13.1.1.1.1	13.1.1.1.1.1	13.1.1.1.1.1.1	13.1.1.1.1.1.1.1	13.1.1.1.1.1.1.1.1	13.1.1.1.1.1.1.1.1.1	13.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
N	14	14.1	14.1.1	14.1.1.1	14.1.1.1.1	14.1.1.1.1.1	14.1.1.1.1.1.1	14.1.1.1.1.1.1.1	14.1.1.1.1.1.1.1.1	14.1.1.1.1.1.1.1.1.1	14.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
O	15	15.1	15.1.1	15.1.1.1	15.1.1.1.1	15.1.1.1.1.1	15.1.1.1.1.1.1	15.1.1.1.1.1.1.1	15.1.1.1.1.1.1.1.1	15.1.1.1.1.1.1.1.1.1	15.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
P	16	16.1	16.1.1	16.1.1.1	16.1.1.1.1	16.1.1.1.1.1	16.1.1.1.1.1.1	16.1.1.1.1.1.1.1	16.1.1.1.1.1.1.1.1	16.1.1.1.1.1.1.1.1.1	16.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
Q	17	17.1	17.1.1	17.1.1.1	17.1.1.1.1	17.1.1.1.1.1	17.1.1.1.1.1.1	17.1.1.1.1.1.1.1	17.1.1.1.1.1.1.1.1	17.1.1.1.1.1.1.1.1.1	17.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
R	18	18.1	18.1.1	18.1.1.1	18.1.1.1.1	18.1.1.1.1.1	18.1.1.1.1.1.1	18.1.1.1.1.1.1.1	18.1.1.1.1.1.1.1.1	18.1.1.1.1.1.1.1.1.1	18.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
S	19	19.1	19.1.1	19.1.1.1	19.1.1.1.1	19.1.1.1.1.1	19.1.1.1.1.1.1	19.1.1.1.1.1.1.1	19.1.1.1.1.1.1.1.1	19.1.1.1.1.1.1.1.1.1	19.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
T	20	20.1	20.1.1	20.1.1.1	20.1.1.1.1	20.1.1.1.1.1	20.1.1.1.1.1.1	20.1.1.1.1.1.1.1	20.1.1.1.1.1.1.1.1	20.1.1.1.1.1.1.1.1.1	20.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
U	21	21.1	21.1.1	21.1.1.1	21.1.1.1.1	21.1.1.1.1.1	21.1.1.1.1.1.1	21.1.1.1.1.1.1.1	21.1.1.1.1.1.1.1.1	21.1.1.1.1.1.1.1.1.1	21.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
V	22	22.1	22.1.1	22.1.1.1	22.1.1.1.1	22.1.1.1.1.1	22.1.1.1.1.1.1	22.1.1.1.1.1.1.1	22.1.1.1.1.1.1.1.1	22.1.1.1.1.1.1.1.1.1	22.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
W	23	23.1	23.1.1	23.1.1.1	23.1.1.1.1	23.1.1.1.1.1	23.1.1.1.1.1.1	23.1.1.1.1.1.1.1	23.1.1.1.1.1.1.1.1	23.1.1.1.1.1.1.1.1.1	23.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
X	24	24.1	24.1.1	24.1.1.1	24.1.1.1.1	24.1.1.1.1.1	24.1.1.1.1.1.1	24.1.1.1.1.1.1.1	24.1.1.1.1.1.1.1.1	24.1.1.1.1.1.1.1.1.1	24.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
Y	25	25.1	25.1.1	25.1.1.1	25.1.1.1.1	25.1.1.1.1.1	25.1.1.1.1.1.1	25.1.1.1.1.1.1.1	25.1.1.1.1.1.1.1.1	25.1.1.1.1.1.1.1.1.1	25.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
Z	26	26.1	26.1.1	26.1.1.1	26.1.1.1.1	26.1.1.1.1.1	26.1.1.1.1.1.1	26.1.1.1.1.1.1.1	26.1.1.1.1.1.1.1.1	26.1.1.1.1.1.1.1.1.1	26.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
AA	27	27.1	27.1.1	27.1.1.1	27.1.1.1.1	27.1.1.1.1.1	27.1.1.1.1.1.1	27.1.1.1.1.1.1.1	27.1.1.1.1.1.1.1.1	27.1.1.1.1.1.1.1.1.1	27.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
AB	28	28.1	28.1.1	28.1.1.1	28.1.1.1.1	28.1.1.1.1.1	28.1.1.1.1.1.1	28.1.1.1.1.1.1.1	28.1.1.1.1.1.1.1.1	28.1.1.1.1.1.1.1.1.1	28.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
AC	29	29.1	29.1.1	29.1.1.1	29.1.1.1.1	29.1.1.1.1.1	29.1.1.1.1.1.1	29.1.1.1.1.1.1.1	29.1.1.1.1.1.1.1.1	29.1.1.1.1.1.1.1.1.1	29.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1
AD	30	30.1	30.1.1	30.1.1.1	30.1.1.1.1						

## LAMPIRAN 2

### Pengukuran resistansi semen



Percobaan 1



Percobaan 4



Percobaan 2



Percobaan 5



Percobaan 3

## Pengukuran resistansi pembedaan



Resistansi tanah



Posisi 3



Posisi 1



Posisi 4



Posisi 2



Posisi 5

## Lampiran 3

### Data Sheet Semen Konduktif



34800 Solon Road Solon, Ohio 44139-2525  
(440) 345-0100 Fax: (440) 345-0723

24 Hour Response  
☎ Tel: (1-800-255-3924)

### MATERIAL SAFETY DATA SHEET

#### PHYSICAL HAZARD RATING

- 4 EXTREME  
3 HIGH  
2 MODERATE  
1 SLIGHT  
0 INSIGNIFICANT



PAGE: 1 OF 3

PRODUCT NAME: GEM

DATE PREPARED: 11/6/90

REVISED: 4/17/08

MSDS: 768J

#### I. INGREDIENTS

INGREDIENTS	CAS #	OSHA PEL	ACGIH TLV	%	TSCA INV.
HYDROUS ALUMINUM SILICATES	1302-73-9	-	-		YES
CARBON	84743-05-1	10MG/M <sup>3</sup>	10MG/M <sup>3</sup>		YES
HYDRAULIC CEMENTS	65997-15-1	50MPPCF (TWA)	10MG/M <sup>3</sup> (TWA)		YES
* HYDROUS ALUMINUM SILICATES MAY CONTAIN TRACE AMOUNTS OF THE FOLLOWING HAZARDOUS INGREDIENTS:					
MINERAL DUSTS:					
RESPIRABLE CRYSTALLINE QUARTZ <sup>†</sup>	14808-60-7	1.5MG/M <sup>3</sup>	0.1MG/M <sup>3</sup>	TR	YES
TOTAL MASS		4MG/M <sup>3</sup>	0.3MG/M <sup>3</sup>	TR	
† THIS PRODUCT CONTAINS A SMALL AMOUNT OF CRYSTALLINE SILICA WHICH MAY CAUSE DELAYED RESPIRATORY DISEASE IF INHALED OVER A PROLONGED PERIOD OF TIME. AVOID BREATHING DUST. USE NIOSH/MSHA APPROVED RESPIRATOR WHERE FOR CRYSTALLINE SILICA MAY BE EXCEEDED.					
CARBON MAY CONTAIN THE FOLLOWING HAZARDOUS INGREDIENTS:					
DEDUSTING OIL	8012-95-1	5MG/M <sup>3</sup> <sup>1</sup>	5MG/M <sup>3</sup> <sup>1</sup>	<0.4	YES
SULFUR	7704-34-9	N/A <sup>2</sup>	N/A <sup>2</sup>	1	YES

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] **W.Keitz ,Switzer.** 1999 .*Practical Guide to Elecktrical grounding.* ERICO
- [2] **Hutauruk, T.S.** 1991. *Pembumian Netral Sistem Tenaga dan Pembumian Peralatan.* Jakarta: Erlangga
- [3] 1982. *IEEE Green Book: Recommended Practice For Grounding of Industrial and Commercial Power Sistem* ANSI. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- [4] **George ,Frank ,Tagg.1964.***Earth Resistances.* Pitman Publishing Corp
- [5] **Yanuarioanto,Yudistiro.**2008.Pemanfaatan Arang Kayu Sebagai Media Pembumian Elektroda Jenis Batang.Malang : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- [6] **Tagg, G.F.** 1964. *Earth Resistance.* London: The Whitefriars Press Ltd.
- [7] **Roy B. Carpenter Jr., Mark M. Drabkin & Joseph A. Lanzoni.** 1997. *Better Grounding.* Journal. USA: Lightning Eliminators & Consultants, Inc.
- [8] **Anonim.** IEEE Green book Std 142-1991: 184 (\* Sesuai SPLN 102, 1993: 9)
- [9] **Anonim.** Pedoman Pengawasan Instalasi Listrik (Disnaker-RI), 1987: 18
- [10] **Anonim.** DISNAKER RI, 1987: 18
- [11] **Anonim.** Pabla,1988:218
- [12] **Kardiyono Tjokrodimulyoo.** 1994. Teknologi Beton.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## RIWAYAT HIDUP



**Bimo Prajanuarto**, dilahirkan di Kota Surabaya, 21 Januari 1992. Riwayat pendidikannya, Sekolah Dasar (lulus 2004) di SD AL-Falah Tropodo Sidoarjo, lulus Sekolah Menengah Pertama tahun 2007 di SMP Negeri 17 Surabaya. Tahun 2010 ia lulus dari SMA Negeri 16 Surabaya. Kemudian ia diterima kuliah di Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2010. Selain kegiatan perkuliahan, penulis juga aktif menjadi asisten Laboratorium Tegangan Tinggi, Jurusan Teknik Elektro

ITS mulai tahun 2013-2014. Penulis mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga dan fokus pada riset mengenai sistem pembumian. Penulis dapat dihubungi melalui email [bbeemoo@gmail.com](mailto:bbeemoo@gmail.com).

*Halaman ini sengaja dikosongkan*